Pal. 88
Q60.A173
61803
Smith
82

MEMORIE

DELLA

R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE

DELL' ISTITUTO DI BOLOGNA

CLASSE DI SCIENZE FISICHE

Smithsonian Institution
OCT -5 1922
259288
National Museum

SERIE VII - TOMO VI

1918-19

MEMORIE

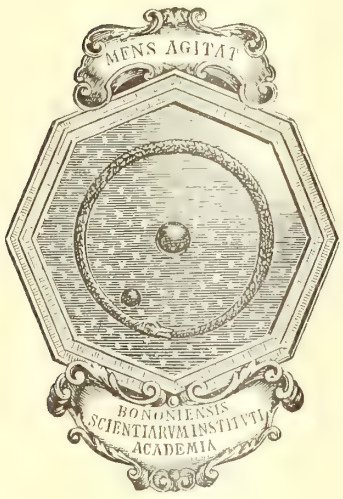
DELLA

R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE

DELL'ISTITUTO DI BOLOGNA

CLASSE DI SCIENZE FISICHE

SERIE VII – TOMO VI



259288

BOLOGNA
TIPOGRAFIA GAMBERINI E PARMEGGIANI
1919

SUL CONTEGNO

DI

ALCUNE SOSTANZE ORGANICHE NEI VEGETALI

XI. MEMORIA

DI

GIACOMO CIAMICIAN E CIRO RAVENNA

(letta nella Sessione dell' 8 Dicembre 1918).

Nelle Memorie IX e X abbiamo descritto alcune esperienze relative all' influenza di alcune sostanze organiche sulla germinazione e segnatamente sullo sviluppo delle piante ed abbiamo inoltre trattato delle trasformazioni, massime per autossidazione, che subiscono alcuni composti per l' azione dei catalizzatori contenuti nei vegetali. Descriviamo ora, in prosecuzione dell' argomento, un' altra serie di esperienze. Questa Memoria si divide in due parti: la prima riguarda l' azione di alcune sostanze organiche sullo sviluppo delle piante; la seconda tratta dalle autossidazioni.

PRIMA PARTE

Le esperienze descritte nella precedente Memoria e che avevano lo scopo di studiare l' influenza che alcune sostanze organiche esercitano sulle piantine in via di sviluppo avevano dimostrato che mentre certi corpi sono ben tollerati dalle piante, altri esercitano un' azione tossica che in alcuni casi si manifesta con un mutamento nell' abito delle piante come avviene col nitrile mandelico; in altri casi coll' albinismo come avviene trattando i soggetti colle soluzioni di nicotina. Inoltre, esperienze comparative coll' acido urico, la xantina e la caffeina avevano messo in evidenza le proprietà fortemente tossiche del derivato metilato in paragone delle sostanze fondamentali. Appariva perciò interessante lo studio del contegno di altri corpi sia da soli, sia sopra tutto in confronto dei relativi derivati.

Le esperienze vennero eseguite sopra le piantine di fagioli coltivate sul cotone idrofilo che veniva quotidianamente bagnato colle soluzioni da sperimentare alternando per due volte alla settimana con soluzione nutritizia; le sostanze sperimentate furono: le amine grasse monometilamina, dimetilamina, trimetilamina in comparazione coll' am-

moniaca e coi sali delle basi quaternarie tetrametilammonio e tetraetilammonio; l' isoamilamina; l' urea in confronto colla guanidina, la cianamide, il cianato e il cianuro di potassio; l' anilina parallelamente all' acetanilide e all' esalgina: l' acido salicilico e il relativo etere metilico; la pirocatechina ed il guaiacolo; l' indolo e il metilindolo; la piridina e la piperidina in paragone coll' acetilpiperidina, l' n-metilpiperidina, il dimetilpiperilammonio, la piperina e la conina; e vari altri alcaloidi naturali quali la nicotina già sperimentata, la morfina in confronto col suo diacetilderivato eroina e colla codeina; la papaverina, la narcotina; la cocaina, l' atropina e la sparteina; inoltre la caffeina, altra volta sperimentata, in comparazione colla teobromina e cogli acidi urico e metilurico ed infine la chinina, la cinconina e la stricnina.

Per vedere quale influenza avessero i diversi trattamenti sul processo di assimilazione abbiamo ricercato in quale modo fosse distribuito l' amido nelle foglie. A tal fine alcune foglie venivano parzialmente ricoperte la sera da una striscia di carta nera per meglio rilevare la colorazione della parte scoperta e nel giorno successivo venivano raccolte nelle ore di massima luminosità, immerse per qualche istante nell' acqua bollente, poi decolorate coll' alcool ed infine trattate con una soluzione iodurata di iodio. Nelle foglie delle piante testimoni ed anche in alcuni casi di quelle che avevano subìto un trattamento, l' amido scompariva completamente nelle parti coperte; in altri casi invece e massime in quelli ove la sofferenza delle foglie era manifesta, l' amido non scompariva del tutto epperò la parte coperta si manifestava più o meno uniformemente colorata. Inoltre in questo modo venivano messe in evidenza le alterazioni subite dal tessuto fogliare. Riferiremo volta per volta l' aspetto che avevano assunto le foglie con questo trattamento, che è messo in evidenza nelle riproduzioni eliografiche consegnate in apposite tavole.

Amine grasse e ammoni tetrasostituiti.

Le sostanze prescelte in questo gruppo furono come si disse la monometilamina, la dimetilamina, la trimetilamina e i sali di tetrametil e tetraetilammonio.

Monometilamina, dimetilamina, trimetilamina. — Queste sostanze vennero dapprima sperimentate allo stato di tartarati. Si posero a germinare a tal fine i fagioli in tre germinatoi di ferro zincato il giorno 4 maggio ed il 17 maggio, a germinazione iniziata, si cominciò il trattamento quotidiano colle soluzioni corrispondenti a 1 per mille di basi.

Le piantine così trattate dimostrarono fino dai primi giorni un colore più cupo in confronto alle piante di controllo (fig. 1, fotografia dell' 11 luglio e fig. 2, fotografia del 20 luglio). In seguito, e precisamente il 21 maggio, si notò sulle prime foglie delle piante bagnate con *trimetilamina* la presenza di molte piccole macchiette, più numerose ai bordi; le nervature in corrispondenza delle macchie assumevano una tinta giallo bruna ed i fusti presentavano delle striature gialle. Le foglie

colpite si andavano poi mano mano seccando mentre fenomeni simili apparivano sulle prime foglie composte.

Anche le piante trattate con *dimetilamina* si comportarono analogamente, ma i sintomi apparvero con un ritardo di due o tre giorni. La *monometilamina* agì essa pure, ma con un ulteriore ritardo ed in modo meno marcato. Così delle tre amine

Fig. 1

Fig. 2

sperimentate, la trimetilamina si dimostrò maggiormente tossica ; segue la dimetilamina e infine la monometilamina il che indica che la tossicità di queste basi aumenta col numero dei metili.

Le soluzioni dei tartarati delle amine, dopo introdotte nei germinatoi, assumono facilmente reazione alcalina. In modo particolare tale fenomeno è dato dalla mono e dalla dimetilamina mentre la base terziaria non manifestò mai questo fatto. Per ovviare all' inconveniente che poteva falsare i risultati dell' esperienza, si manteneva neutro il liquido dei germinatoi somministrando delle soluzioni diluite di fosfato monopotassico. Tuttavia, poichè abbiamo attribuito il fatto ad una decomposizione dell' acido tartarico, abbiamo ritenuto opportuno ripetere le esperienze colle amine allo stato dei relativi fosfati. Questi sali si dimostrarono meno tossici dei tartarati ; i caratteri già osservati apparvero però con ritardo e più attenuati. Abbiamo perciò voluto ripetere l' esperienza in germinatoi di vetro perchè, come fu altre volte notato, lo zinco esercita un' azione protettiva contro certi veleni. Vennero a tal fine seminati il 25 maggio i fagioli in germinatoi di vetro e dal 6 giugno si cominciò l' innaffiamento rispettivo colle soluzioni dei fosfati delle tre amine. Questa esperienza confermò pienamente quella coi tartarati poichè, sebbene con un maggiore ritardo, comparvero gli stessi fenomeni di sofferenza prima nelle piante trattate colla trimetilamina (fig. 3,

fotografia del 3 luglio) poi in quelle colla dimetilamina (fig. 4, fotografia del 3 luglio) e infine, ancora a distanza di qualche giorno, nei soggetti irrorati colla monometilamina (fig. 5, fotografia del 3 luglio).

Nel trattamento col iodio le foglie delle piante che ricevettero la monometilamina apparvero normali; quelle colla di e trimetilamina risultarono macchiettate.

Fig. 3

Fig. 4

Sali di tetrametil e tetraetilammonio. — Il *tetraetilammonio* venne impiegato allo stato di tartarato parallelamente alle prove coi tartarati delle amine. Si posero i semi il 4 maggio in un germinatoio di ferro zincato e si iniziò il trattamento il 17 maggio con soluzione corrispondente a 1 per mille di base.

Fig. 5

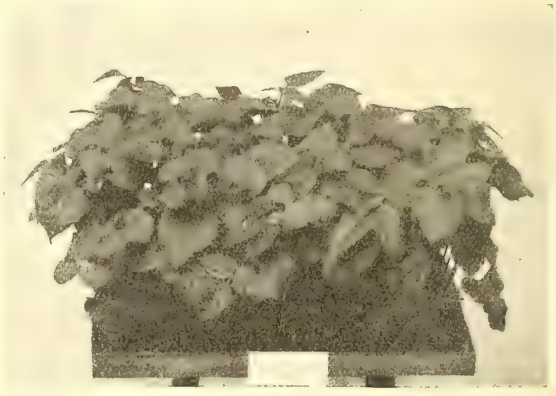


Fig. 6

Le piante assunsero fin dal principio un colore molto più scuro dei testimoni mentre lo sviluppo si faceva più lento. Esse manifestavano inoltre un abito assai caratteristico (fig. 6, fotografia del 12 giugno): le prime foglie semplici, di consistenza coriacea, erano ripiegate coll' apice in basso, in posizione quasi verticale. Le prime foglie composte, che apparvero con grande ritardo rispetto ai testimoni, si

presentavano in modo analogo e col fusticino tanto ridotto che pareva partissero dallo stesso verticillo delle foglie semplici. Le piante non mostravano tuttavia caratteri di sofferenza poichè le foglie si mantenevano intensamente verdi e turgide. Col progredire dello sviluppo i caratteri differenziali nelle foglie successive non erano più così evidenti mentre apparivano alcuni sintomi di sofferenza coll' ingiallimento delle prime foglie che si andò poi man mano propagando alle altre. L' esperienza venne abbandonata il 14 luglio quando le piante erano pressochè completamente appassite.

Il *tetrametilammonio* fu impiegato allo stato di fosfato innaffiando le piantine dopo un periodo germinativo dal 24 maggio al 7 giugno colla soluzione corrispondente a 1 per mille di base. Anche in queste piante si notarono i caratteri accennati per il tetraetilammonio ed inoltre apparve qualche striatura nelle foglie lungo le nervature principali.

Fig. 7

L' esperienza fu ripetuta in germinatoio di vetro dopo un periodo germinativo dal 25 maggio al 6 giugno. Gli effetti furono anche più evidenti (fig. 7, fotografia del l' 11 luglio) e specialmente più spiccate apparvero nelle foglie le striature biancogiallastre lungo le nervature principali.

Le foglie delle piante che ricevettero gli ammoni, trattate coll' iodio dimostrarono una non completa scomparsa dell' amido nella zona coperta.

Tartarato e fosfato ammonico. — Il tartarato ammonico fu sperimentato in confronto coi tartarati delle amine ed il fosfato parallelamente coi fosfati. Le piante trattate con fosfato ammonico crebbero normali come quelle allevate a scopo di confronto senza alcun trattamento ; quelle col tartarato manifestarono qualche sofferenza perchè il mezzo aveva assunto, come nel caso dei tartarati delle amine, reazione alcalina.

Isoamilamina. — In un germinatoio di vetro vennero posti il 7 luglio, i semi di fagioli ; il 15 luglio, a germinazione iniziata, si cominciò il trattamento colla soluzione a 1 per mille di isoamilamina salificata coll' acido tartarico.

Questa sostanza si dimostrò notevolmente tossica ; due giorni dopo il trattamento le foglie manifestarono numerose macchie translucide mentre il fusto si ripiegava nella zona a contatto colla soluzione. Il mezzo aveva assunto però reazione marcatamente acida in causa di qualche processo fermentativo perciò la prova venne ripetuta dopo un periodo germinativo dal 7 al 19 luglio. Anche questa volta, sebbene il mezzo si fosse mantenuto neutro, apparvero le chiazze sulle foglie, ma i fusti rimasero eretti. Le foglie semplici presto si seccarono e le prime composte apparvero quasi prive di clorofilla. In queste manifestazioni esiste qualche rassomiglianza di con-

tegno fra l' isoamilamina e la nicotina (1). Le piante dell' esperienza attuale però si seccarono presto e vennero gettate il 31 luglio.

Composti della serie ureica e del cianogeno.

Per le esperienze con questi corpi abbiamo prescelto l' urea, la guanidina e la cianamide in comparazione col cianuro e col cianato di potassio.

Urea. — L' urea venne adoperata in soluzione a 1 per mille a cui fu aggiunto 1 per mille di nitrato di potassio allo scopo di somministrare questo corpo in condizioni analoghe alla guanidina che venne usata allo stato di nitrato. Le piante che subirono questo trattamento ebbero sviluppo normale rigogliosissimo e molto superiore a quello dei testimoni.

La reazione dell' amido non rivelò nulla di anormale.

Guanidina. — Questa sostanza venne somministrata allo stato di nitrato (1 per mille di guanidina) ai fagioli germinanti dopo un periodo dal 23 maggio al 4 giugno. Nei primi giorni successivi al trattamento non si ebbero ad osservare fatti notevoli all' infuori del colore delle piante più scuro rispetto ai testimoni. In seguito però lo sviluppo andò rallentando; il 16 giugno si notò che le foglie appassivano ai bordi pur mantenendo la loro tinta cupa. Inoltre molte piante, prossime a morire, inclinarono lo stelo. Il 27 giugno l' esperienza fu abbandonata in causa del cattivo stato in cui ormai si trovavano tutte le piante.

La reazione dell' amido non presentò nulla di anormale.

Cianamide. — Anche questa sostanza venne sperimentata in soluzione a 1 per mille dopo un periodo germinativo dal 23 maggio al 4 giugno.

Il 6 giugno si ebbero a notare effetti marcatamente tossici. Il colore si manteneva normale, ma le foglie appassivano, prima soltanto ai bordi, poi completamente. Lo sviluppo si arrestò dopo l' emissione delle prime foglie composte. I fusti però rimasero eretti a differenza delle piante trattate colla guanidina. L' esperienza fu abbandonata il 27 giugno.

La reazione dell' iodio diede una debole colorazione uniforme tanto nella parte coperta che nella scoperta.

Cianuro e cianato di potassio. — Le piantine destinate a queste esperienze vennero irrorate quotidianamente colle soluzioni a 1 per mille dei rispettivi sali dopo un periodo germinativo dal 23 maggio al 4 giugno.

Le piante trattate con *cianuro* apparvero subito di colore più cupo mentre lo sviluppo veniva quasi arrestato. Le foglie si increspavano specialmente ai bordi; i fusti, notevolmente ingrossati e corti avevano tendenza a piegarsi. L' esperienza fu abbandonata il 1° luglio. La reazione dell' iodio non dimostrò nulla di anormale.

(1) Come è noto l' isoamilamina si trova normalmente colla nicotina nelle piante di tabacco. Vedi: Ciamician e Ravenna, queste Memorie, Serie VI, Tomo VIII, pag. 50 (1910-11).

Le piante che ricevettero il *cianato* manifestarono anch' esse una colorazione più scura, ma meno intensa di quella col cianuro. Lo sviluppo venne assai ritardato; le foglie si incresparono ai bordi poi cominciarono ad appassire mantenendo però il colore verde. Gli steli avevano, per la massima parte, aspetto normale.

La reazione dell' iodio non manifestò niente di anormale; soltanto la zona ricoperta dalla carta nera era leggermente velata. Il 1° luglio queste piante vennero gettate.

Sostanze aromatiche.

In questo gruppo di sostanze abbiamo prescelto il salicilato potassico per esperienze di comparazione col salicilato di metile; la pirocatechina col guaiacolo; l' anilina coll' acetanilide e l' esalgina.

Salicilato di potassio e salicilato di metile. — Le prove con queste sostanze vennero iniziate colle soluzioni a 1 per mille dopo un periodo germinativo dal 14 al 27 maggio.

Le piante con *salicilato potassico* non mostrarono nulla di caratteristico all' infuori di qualche ritardo di sviluppo in confronto ai testimoni; esse fiorirono normalmente e qualche seme potè maturare. Le piantine col *salicilato di metile* crebbero anch' esse pressochè normalmente da principio fino all' emissione delle seconde foglie composte; poi cominciarono a deperire rapidamente e a ingiallire. Il 20 luglio erano completamente seccate.

La reazione dell' iodio non rivelò alcun segno degno di rilievo.

L' esperienza fu ripetuta in germinatoi di vetro dopo un periodo germinativo dal 15 al 27 luglio. In queste condizioni apparve più accentuato il ritardo di sviluppo determinato dal salicilato potassico ed assai più rapido il deperimento delle piante trattate coll' etere salicilico.

Pirocatechina e guaiacolo. — Per queste esperienze si cominciò l' innaffiamento delle piantine di fagioli colle soluzioni a 1 per mille dopo un periodo germinativo dai 14 al 27 maggio.

Le piantine trattate con *pirocatechina* (fig. 8, fotografia dell' 8 luglio) conservarono il colore normale e per qualche tempo continuarono nell' accrescimento senza presentare sintomi degni di particolare rilievo; il 10 giugno i fusti cominciarono a piegarsi mentre le foglie lentamente appassivano. Tuttavia la vita proseguì sebbene stentata e le piante vennero gettate il 13 luglio quando erano riuscite ad emettere le seconde foglie composte.

Le foglie si comportarono normalmente coll' iodio, ma la zona coperta non appariva del tutto scolorata.

Le piante a cui fu somministrato il *guaiacolo* (fig. 9, fotografia dell' 8 luglio) dimostrarono di soffrire maggiormente di quelle colla pirocatechina. Esse assunsero subito una colorazione più cupa. Il 9 giugno le foglie cominciarono ad appassire ai

bordi mentre le nervature si coloravano in bruno nella pagina inferiore. Lo sviluppo si arrestò all' inizio dell' emissione delle prime foglie composte. Alla reazione dell' iodio le foglie si comportarono normalmente. Il 13 luglio le piante erano morte e vennero gettate.

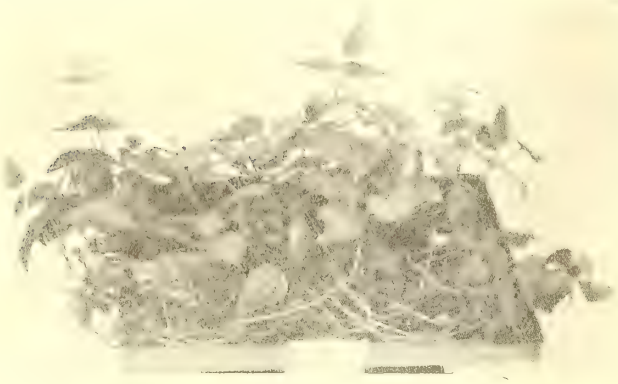


Fig. 8

Fig. 9

Anilina, acetanilide, esalgina. — Queste sostanze vennero somministrate alle piantine di fagioli nella concentrazione di 1 per mille dopo un periodo germinativo dal 12 al 25 giugno.

Le tre sostanze sperimentate si dimostrarono marcatamente tossiche; meno di tutte l' anilina, più di tutte l' esalgina.

Nelle piante trattate con *anilina*, che fino al 1° luglio non presentavano alcun segno di sofferenza apparvero, a datare da quel giorno, nella pagina superiore delle foglie, delle larghe chiazze gialle più verso il centro che ai bordi. Lo sviluppo si arrestò all' apparire delle prime foglie composte. L' esperienza venne abbandonata il 6 luglio sebbene le piante fossero ancora in vita.

Coll' *acetanilide* i sintomi di sofferenza si manifestarono il 28 giugno. Le foglie cominciarono ad appassire nei bordi assumendo un colore giallo-verdastro; in seguito una parte notevole della lamina si cospargeva di chiazze giallastre e ogni sviluppo si arrestava. Anche i fusti appassivano riducendosi notevolmente nella grossezza. Il 6 luglio, quando l' esperienza venne abbandonata, le piantine erano morte.

L' *esalgina* determinò fenomeni simili a quelli osservati coll' acetanilide, ma si manifestarono il giorno precedente e la propagazione ebbe un decorso più rapido. In pochi giorni le foglie erano ingiallite quasi completamente, all' infuori cioè di una piccola zona centrale rimasta verde. I fusti si mantennero rigidi. Anche queste piante si gettarono il 6 luglio.

Indolo e metilindolo.

Le esperienze con queste due sostanze furono iniziate il 28 maggio sopra piantine germinanti dal 14 maggio. Vennero usate, come sempre, le proporzioni a 1 per mille. Entrambe le sostanze si dimostrarono tossiche.

Due giorni dopo l' inizio del trattamento coll' *indolo* i fusti cominciarono ad appassire, le piante si piegarono e morirono in breve. Il 12 giugno vennero gettate.

Le piante trattate col *metilindolo* non diedero, per la prima settimana, alcun segno di sofferenza ; ma dopo questo tempo i fusti cominciarono ad appassire ed anche queste piante in breve morirono.

Il trattamento coll' iodio rivelò, per entrambe le sostanze, un contegno anormale. Le foglie tutte intere, senza distinzione fra la zona coperta e quella scoperta risultavano colorate, segnatamente lungo le nervature.

Il derivato metilato, sebbene abbia manifestato una notevole azione tossica, si è dimostrato dunque meno velenoso della sostanza fondamentale, contrariamente agli altri casi osservati. È probabile che questo particolare contegno sia dovuto alla troppo piccola solubilità del metilindolo, che non era completamente disciolto.

Alcaloidi.

Piridina. — Per confermare il risultato ottenuto l' anno scorso con questa sostanza, essa venne sperimentata anche quest' anno allo stato di tartarato e alla concentrazione di 1 per mille sopra i fagioli, dopo un periodo germinativo dal 29 giugno all' 11 luglio.

Anche questa volta le piante crebbero rigogliose e con aspetto perfettamente normale.

Piperidina e derivati. — La piperidina venne nuovamente sperimentata in comparazione coll' n-metilpiperidina, coll' acetilpiperidina, la piperina, la conina e il tartarato di dimetilpiperilammonio.

Per la prova colla *piperidina* vennero innaffiati quotidianamente i fagioli dopo un periodo germinativo dal 15 al 27 giugno con una soluzione contenente 1 per mille di piperidina neutralizzata con acido tartarico. Le piante dimostrarono qualche sofferenza manifestata coll' appassimento di alcune foglie. Si notò che il liquido del germinatoio aveva assunto reazione alcalina. L' esperienza venne perciò ripetuta impiegando la base allo stato di fosfato dopo un periodo germinativo dal 29 giugno all' 11 luglio.

Le piante (fig. 10, fotografia del 4 agosto) così trattate assumevano presto un colore più scuro rispetto ai testimoni mentre lo sviluppo veniva un po' rallentato. Il 20 luglio apparvero su qualche foglia delle macchie gialle. Poichè il liquido del germinatoio aveva questa volta assunto reazione acida, venne neutralizzato con carbonato

di calcio precipitato. Dopo questo trattamento però le piante non risentirono un sensibile miglioramento perciò apparve che nelle condizioni di esperienza di quest' anno la piperidina abbia determinato sui fagioli un' azione lievemente nociva.

Le piante vennero gettate il 22 Agosto.

L' *n-metilpiperidina* venne sperimentata allo stato di tartarato dopo un periodo germinativo dal 29 maggio al 17 giugno.

Dopo quattro giorni dalla somministrazione della sostanza le foglie si comincia-

Fig. 10

Fig. 11 Fig. 12

rono a cospargere di macchie gialle ; alcuni fusti si ripiegarono al colletto e le radici, che penetravano con difficoltà nel cotone, apparivano di una tinta bruna, quasi nera (fig. 11, fotografia del 1° luglio).

Le piante, ormai morte, furono gettate il 3 luglio.

L' *acetilpiperidina* venne somministrata alle piante di fagioli dopo un periodo germinativo dal 24 maggio al 10 giugno. Anche questa sostanza determinò effetti tossici notevoli. Il colore si mantenne normale, ma le foglie cominciarono il 15 giugno ad appassire prima ai bordi, poi in tutta la lamina. Esse ingiallirono quindi rapidamente all' infuori di una piccola zona centrale. I fusti si mantennero tuttavia eretti e le radici normali. Le piante furono gettate il 28 giugno.

La *piperina* venne somministrata allo stato di tartarato dopo un periodo germinativo dal 24 maggio al 10 giugno. Questa sostanza non determinò, nei primi giorni, alcun fatto caratteristico salvo la tinta più scura. Soltanto il 23 giugno le foglie cominciarono ad appassire in tutta la superfice. Poco dopo anche gli steli perdevano la consistenza e si ripiegavano. Il 4 luglio le piante, morte, furono gettate.

La *conina* impiegata allo stato di tartarato dopo un periodo germinativo dal 29 maggio al 17 giugno si dimostrò anch' essa tossica. Il colore si fece più cupo e lo sviluppo rallentò notevolmente. Due giorni dopo la somministrazione, le foglie si ricoprivano di numerose macchie gialle che conducevano presto al completo disseccamento. I fusti rimasero eretti (fig. 12, fotografia del 1° luglio). Le piante del tutto seccate, furono gettate il 3 luglio.

Col tartarato di *dimetilpiperilammonio* si iniziò l' esperienza il 15 luglio sopra fagioli germinanti dal 7 luglio. Le piante cominciarono ad assumere presto, sebbene in modo più attenuato, l' aspetto assolutamente caratteristico osservato nelle esperienze coi tartarati di tetrametil e tetraetilammonio ; le foglie assumevano cioè consistenza coriacea, si disponevano in senso quasi verticale ed i fusticini delle prime foglie composte erano assai ridotti nella lunghezza. Soltanto molto più tardi le foglie cominciavano ad ingiallire. Le piante furono gettate il 10 agosto.

Nicotina. — La nicotina già sperimentata l' anno scorso venne presa in esame anche quest' anno. L' esperienza fu ripetuta nelle condizioni descritte nella precedente Memoria somministrando ai fagioli germinanti dal 15 al 28 giugno la soluzione a 1 per mille di nicotina allo stato di tartarato. I fenomeni osservati furono gli stessi già descritti cioè disseccamento delle prime foglie semplici e albinismo ai bordi delle prime foglie composte.

La nicotina venne sperimentata anche in soluzione a 1 per diecimila sopra piante germinanti dal 4 al 16 maggio. A questa diluizione l' alcaloide non esercitò alcuna azione all' infuori che sul colore delle foglie lievemente più scure.

Morfina, codeina, eroina. — Questi tre alcaloidi vennero somministrati allo stato di tartarato nella concentrazione corrispondente a 1 per mille di base e dopo un periodo germinativo dal 14 al 27 maggio.

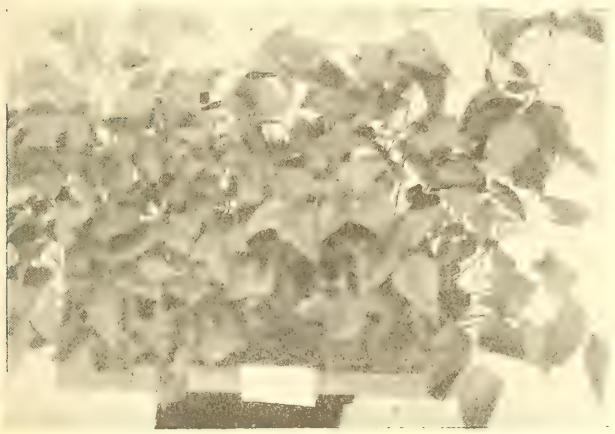


Fig. 13

Fig. 14

La *morfina*, in germinatoio di ferro zincato non determinò, come fu osservato l' anno scorso, fenomeni tossici molto rimarchevoli (fig. 13, fotografia del 5 luglio). Soltanto le foglie assunsero un colore verde assai cupo che è caratteristico, nella sua intensità, per i soggetti trattati con questo alcaloide. Alla fine della vegetazione le piante si ricoprirono di crittogame e furono gettate il 29 luglio.

L' esperienza, ripetuta in germinatoio di vetro dopo un periodo germinativo dal 15 al 27 giugno, mise in evidenza, come in altri casi, la notevole tossicità della morfina. Le piante, dopo un rapido arresto di sviluppo e l' appassimento delle foglie morirono nel corso di un mese.

La reazione dell' iodio risultò normale.

La *codeina* sperimentata nel germinatoio zincato si dimostrò, a parità di condizioni, assai più tossica della morfina (fig. 14, fotografia del 27 giugno). Nei primi giorni, oltre al colore più cupo si osservò un notevole rallentamento di sviluppo in confronto ai testimoni. Il 6 giugno ai bordi delle foglie comparvero numerose macchie color ruggine; le nervature che passavano per le zone colpite erano color giallo-scuro. Nei giorni seguenti le chiazze si estendevano a tutta la pagina fogliare. Il 4 luglio le piante, completamente secche, vennero gettate.

Nella reazione coll' iodio la foglia mostrava delle macchie anche nella parte coperta dalla carta nera, che corrispondevano alle lesioni subite dalle foglie.

L' esperienza venne ripetuta in germinatoio di vetro dopo un periodo germinativo dal 12 al 29 giugno. Si ripeterono i fenomeni già accennati, ma più rapidamente e più accentuati. Le piante si dovettero gettare l' 11 luglio.

L' *eroina* che venne sperimentata nel solo germinatoio zincato non determinò, da principio, alcuna anormalità; ma verso la fine di giugno le piante cominciarono a deperire rapidamente mostrando le prime foglie semplici ingiallite. Il fenomeno si propagò tosto alle foglie superiori. Il 16 luglio tutte le piante erano morte.

La reazione dell' iodio non manifestò nulla di anormale.

Papaverina. — Questo alcaloide venne sperimentato allo stato di tartarato nella concentrazione di 1 per mille dopo un periodo germinativo dal 15 al 27 giugno. Da principio le piante non presentarono fenomeni degni di rilievo, ma poi cominciò un lento progressivo deperimento che faceva appassire le foglie specialmente ai bordi. Il 20 luglio le piante vennero gettate.

Coll' iodio le foglie si comportarono normalmente salvo alcune chiazze nella parte scoperta.

Narcotina. — L' esperienza colla narcotina venne eseguita parallelamente a quella colla papaverina ed i risultati furono del tutto simili.

Coll' iodio le foglie si comportarono normalmente.

Cocaina. — Si posero a germinare, per questa esperienza, i semi di fagioli il 14 maggio e a germinazione avanzata, cioè il 27 maggio, si cominciò l' innaffiamento con soluzione a 1 per mille di cocaina neutralizzata con acido tartarico.

Le piantine assunsero presto una tinta leggermente più scura in confronto ai testimoni. Il 1° giugno si osservarono sulle foglie delle macchie brune caratteristiche a superficie lucida e trasparente. Le chiazze si estesero nei giorni successivi specialmente ai bordi delle foglie mentre apparivano numerose punteggiature giallo rossastre. Le foglie si andavano poi rapidamente seccando (fig. 15, fotografia dell' 8 giugno) e cadevano mentre il picciolo rimaneva attaccato al fusto che si conservava rigido. Prima di poter sviluppare le prime foglie composte le piantine morirono e furono gettate il 18 giugno.

La reazione dell' amido risultò in alcuni casi debolissima. In altri la zona ricoperta dalla carta nera era alle volte marcata, ma tutta la lamina appariva cosparsa di una ornamentale macchiettatura corrispondente alle lesioni delle foglie.

L' esperienza, ripetuta in germinatoio di vetro dopo un periodo germinativo dal 15 al 27 giugno, diede risultati analoghi, ma come sempre i fatti apparvero più rapidamente e maggiormente accentuati.

Atropina. — L' atropina allo stato di tartarato (1 per mille di atropina) fu sperimentata parallelamente alla cocaina.

Per parecchi giorni le piante si svilupparono normalmente (fig. 16, fotografia del 1° giugno) non mostrando che un leggero ritardo nello sviluppo e un colore più scuro dei testimoni. Il 6 giugno cominciarono ad apparire sulle foglie specialmente nella parte centrale, delle piccole verruche giallo-rossastre che in seguito andavano aumentando di

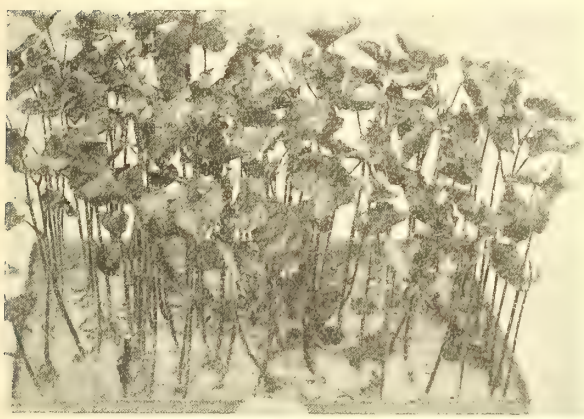


Fig. 15

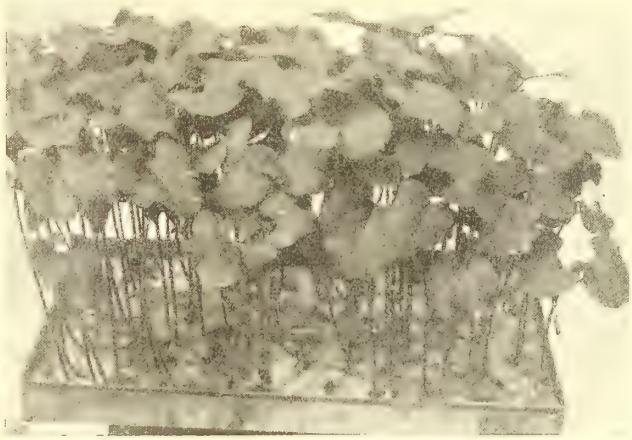


Fig. 16

numero senza però che le piante avessero troppo a soffrire. L' accrescimento infatti continuava quasi normalmente. Quando le seconde foglie composte erano già sviluppate, comparvero sulle prime foglie semplici delle chiazze rassomiglianti a quelle determinate dalla eroina. Da questo momento le piante cominciarono a deperire rapidamente (fig. 17, fotografia del 27 giugno). Soltanto due piantine riuscirono a fiorire, ma non a fruttificare. Il 4 luglio le piantine vennero gettate.

L' esperienza venne ripetuta in germinatoio di vetro dopo un periodo germinativo dal 15 al 27 giugno. I fenomeni furono gli stessi, ma più accentuati. Le piante si gettarono il 25 luglio.

Sparteina. — Le piantine destinate a questa esperienza vennero trattate colla soluzione a 1 per mille di sparteina neutralizzata coll' acido tartarico dopo un periodo germinativo dal 15 al 27 giugno.

Non si ebbe da principio a notare la comparsa di alcun fenomeno degno di rilievo e neppure il colore più scuro delle foglie, tante volte osservato. Soltanto il 3 luglio cominciarono ad apparire numerose macchie brunastre, massime al centro delle foglie che poi rapidamente si seccavano.

La reazione dell' iodio dimostrò che l' amido era normalmente distribuito nelle foglie.

L' esperienza venne abbandonata il 15 luglio.

Caffeina, teobromina, acido metilurico, acido urico. — La caffeina, che venne studiata anche l' anno scorso fu sperimentata quest' anno tanto allo stato di tartarato che di fosfato alla concentrazione di 1 per mille di base; la teobromina allo stato di sale potassico in soluzione corrispondente a 1 per mille di alcaloide; gli acidi metilurico e urico anch' essi allo stato di sale potassico e alla concentrazione corrispondente a 1 di acido per mille.

Le esperienze furono iniziate il 22 maggio sopra piantine germinanti dal 10 dello stesso mese.

Il tartarato di *caffeina* determinò gli stessi fenomeni osservati l' anno scorso (fig. 18), fotografia dell' 8 giugno). Due giorni dopo l' inizio della somministrazione, sulle foglie,

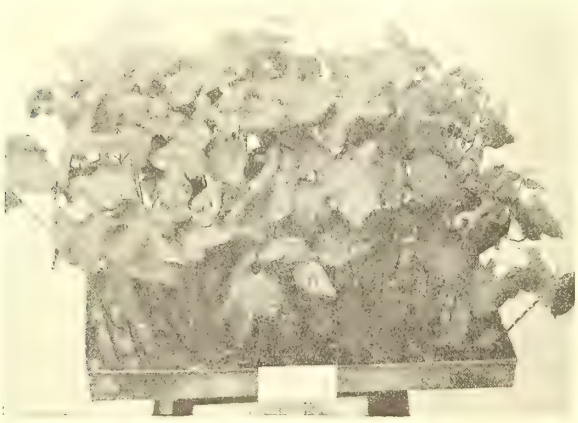


Fig. 17

Fig. 18

che avevano assunto una tinta molto più scura, comparvero, specialmente ai bordi, delle chiazze gialle mentre lo sviluppo veniva pressochè arrestato. Le chiazze si propagarono presto a tutta la lamina determinandone il disseccamento. Le foglie rimanevano tuttavia attaccate alle piante ed i fusti si conservavano rigidi. Le piante morirono prima di poter sviluppare le foglie composte e furono gettate il 20 giugno.

La reazione dell' iodio nelle foglie meno sofferenti dimostrò che l' amido non era uniformemente suddiviso ed apparivano delle chiazze colorate anche nella parte ricoperta. In quelle molto sofferenti l' amido non scomparve e le foglie rimanevano tutte colorate segnatamente lungo le nervature.

L' esperienza, come si disse, venne eseguita sperimentando la caffeina anche allo stato di fosfato in comparazione col tartarato. I fenomeni osservati si ripeterono in modo analogo; soltanto il fosfato si dimostrò meno tossico esercitando più lentamente la sua azione: le piante poterono emettere anche le seconde foglie composte mentre lo sviluppo di quelle trattate col tartarato si arrestò all' emissione delle prime.

Le piante col tartarato furono gettate, completamente secche, 20 giorni dopo l' inizio dell' esperienza; quelle col fosfato dopo 26 giorni, quando non erano ancora morte sebbene fossero in cattive condizioni.

La *teobromina* somministrata allo stato di sale potassico determinò da principio un notevole sviluppo delle prime foglie semplici che si dimostravano assai grandi, più spesse e rigogliose di quelle dei relativi testimoni. L' emissione delle foglie composte avveniva invece con qualche ritardo. Col progredire dello sviluppo, sulle foglie semplici apparivano numerose zone più chiare quasi prive di clorofilla (fig. 19, piante innaffiate con teobromina, fotografia del 1° giugno; fig. 20, piante testimoni, fotografia dell' 8 giugno). Si presentava cioè un fenomeno di albinismo, analogamente a quanto fu più volte osservato nelle piante trattate con nicotina. Mentre però l' albinismo

Fig. 19

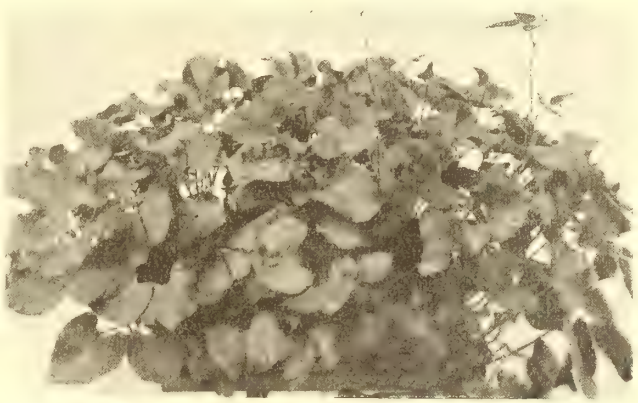


Fig. 20

determinato dalla nicotina è più spiccato e localizzato ai bordi delle foglie, quello causato dalla teobromina è diffuso in chiazze più chiare su tutta la lamina fogliare in modo assolutamente caratteristico per questa sostanza. Le foglie così albicate, di bellissimo effetto, presentavano screziature gialle che le facevano un poco rassomigliare alle foglie di Aucuba japonica.

Un' altra caratteristica delle foglie screziate è il contegno colla soluzione di iodio. Queste foglie si coloravano intensamente in azzurro anche in quelle parti che dal giorno precedente erano state ricoperte colla carta nera. Appariva cioè che le foglie conservavano forti quantità di amido anche nelle zone sottratte all' azione della luce. Coll' ulteriore sviluppo, la zona tenuta al buio si andava man mano manifestando, ma essa era ricoperta, come anche il resto della lamina, da chiazze colorate. La reazione si faceva sempre più debole.

Le piante albicate continuarono a vivere per lungo tempo senza mostrare segni di sofferenza notevoli; le foglie composte non dimostrarono caratteri particolari salvo qualche chiazza più o meno chiara ai bordi. Il 26 giugno le piante, che avevano emesso e sviluppate le terze foglie composte, vennero gettate quando le foglie albicate erano ingiallite e l' appassimento si estendeva alle foglie composte. Nelle foglie pressochè morte la reazione dell' iodio dimostrava che l' amido era scomparso.

L' esperienza ripetuta in germinatoio di vetro determinò gli stessi fenomeni, ma con decorso più rapido.

L' *acido metilurico* allo stato di sale potassico non diede per molto tempo e cioè fino all' emissione delle seconde foglie composte, alcun segno degno di rilievo. Il 10 giugno si cominciò a notare che nelle prime foglie composte erano apparse quà e là delle chiazze più chiare che presentavano una certa somiglianza con quelle delle piante trattate con teobromina. Questo fenomeno, che del resto non fu così appariscente come nelle prove colla teobromina, si propagò anche alle seconde foglie composte mentre si iniziava un deperimento generale delle piante che furono gettate il 26 giugno.

La prova dell' iodio non diede nulla di anormale, salvo qualche macchia scura nella parte della foglia ricoperta colla carta nera.

L' esperienza, ripetuta in germinatoio di vetro, diede risultati simili, ma più accentuati.

L' *acido urico* allo stato di sale potassico confermò il risultato ottenuto l' anno scorso. Non si ebbe ad osservare alcun fenomeno tossico nelle piante che crebbero rigogliosissime tanto nel germinatoio zincato, come in quello di vetro.

Le foglie, alla reazione dell' iodio, si comportarono normalmente.

Chinina. — La chinina, già studiata l' anno scorso, venne sperimentata anche quest' anno allo stato di tartarato (1 per mille di chinina) sui fagioli germinanti dal 4 al 18 maggio. Le piante manifestarono subito una colorazione più cupa e lo sviluppo venne pressochè arrestato all' emissione delle prime foglie composte. Le foglie si raggrinzivano specialmente ai bordi, gli steli si ripiegavano e le radici annerivano. Le piante, che conservarono fino all' ultimo il colore verde cupo furono gettate il 12 giugno.

Coll' iodio le foglie si coloravano debolmente, ma in modo uniforme.

Cinconina. — Questa base fu sperimentata in soluzione a 1 per mille, neutralizzata con acido tartarico, parallelamente alla prova colla chinina. Si osservarono fenomeni perfettamente analoghi a quelli determinati dalla chinina, ma meno intensi. Coll' iodio le foglie si comportarono come quelle delle piante che ricevettero la chinina.

Stricnina. — La stricnina alla concentrazione dell' 1 per mille fu impiegata allo stato di tartarato sopra fagioli germinanti dal 31 maggio al 15 giugno. Si osservarono, ripetuti, i fenomeni altre volte rilevati e cioè un maggior sviluppo delle piante all' inizio del trattamento rispetto ai testimoni. Le radici stentavano però a penetrare nel cotone e l' accrescimento si arrestò alle seconde foglie composte. Le piantine furono gettate il 30 giugno.

Le foglie non si colorarono uniformemente coll' iodio e le macchie si estendevano anche alle zone tenute coperte colla carta nera.

Riassunto e conclusioni.

Riassumiamo, nel quadro che segue, i risultati delle esperienze descritte in questa prima parte della Memoria:

SOSTANZA IMPIEGATA	AZIONE ESERCITATA
Monometilamina.	Fenomeni tossici poco rimarchevoli.
Dimetilamina.	Fenomeni tossici più accentuati in confronto della monometilamina.
Trimetilamina.	Azione maggiormente tossica e più rapida di quella esercitata dalle altre due amine, che si manifesta col disseccamento delle foglie.
Isoamilamina.	Le prime foglie semplici si seccano rapidamente; le prime composte appariscono quasi prive di clorofilla e si seccano in breve.
Tartarato di tetrametilammonio.	Aspetto caratteristico delle piante. — Fenomeni tossici poco rimarchevoli.
Tartarato di tetraetilammonio.	Aspetto caratteristico delle piante. — Fenomeni tossici poco rimarchevoli.
Sali ammonici.	Sviluppo normale.
Urea.	Sviluppo rigoglioso,
Guanidina.	Le piantine manifestano notevoli sofferenze prima nelle foglie che appassiscono, poi negli steli che si ripiegano.
Cianamide.	Azione marcatamente tossica che si manifesta coll'appassimento delle foglie e successivo arresto di sviluppo.
Cianuro di potassio.	Arresto di sviluppo, le foglie si increspano, i fusti tendono a ripiegarsi.
Cianato di potassio.	Rallentamento di sviluppo, le foglie si increspano poi appassiscono; i fusti rimangono eretti.

SOSTANZA IMPIEGATA	AZIONE ESERCITATA
Salicilato di potassio.	Qualche ritardo nello sviluppo, ma le piantine giungono a fioritura e maturano alcuni semi.
Salicilato di metile.	Azione marcatamente tossica che si manifesta dopo l'emissione delle seconde foglie composte.
Pirocatechina.	Le piantine cominciano presto a dar segni di sofferenza, tuttavia continuano a vivere sebbene stentatamente.
Guaiacolo	Lo sviluppo si arresta all'inizio dell'emissione delle prime foglie composte; in breve le piantine muoiono.
Anilina.	Notevoli fenomeni tossici che si manifestano sulle foglie e arresto di sviluppo dopo alcuni giorni dall'inizio del trattamento.
Acetanilide.	Ingiallimento delle foglie, disfacimento dei fusti, arresto di sviluppo. Il deperimento si inizia più rapidamente che nel caso dell'anilina.
Metilacetanilide (Esalgina).	Fenomeni tossici simili a quelli provocati dall'acetanilide, ma più accentuati.
Indolo.	I fusti appassiscono, le piantine si piegano e muoiono in breve.
Metilindolo.	Azione simile a quella dell'indolo, ma meno rapida, forse in causa della poca solubilità.
Piridina.	Sviluppo rigoglioso normale.
Piperidina.	Lieve rallentamento di sviluppo; le foglie mostrano qualche chiazza giallastra, ma le piantine continuano a vivere in modo abbastanza rigoglioso.
N-metilpiperidina.	Notevoli fenomeni tossici che si manifestano sulle foglie, che si cospargono di macchie, e sui fusti che si ripiegano.

SOSTANZA IMPIEGATA	AZIONE ESERCITATA
Acetilpiperidina.	Fenomeni tossici che si manifestano coll'appassimento delle foglie. I fusti rimangono eretti.
Piperina.	Azione non molto dissimile da quella esercitata dalla n-metilpiperidina; le foglie appassiscono e i fusti si ripiegano.
Conina.	Le piantine dimostrano presto di soffrire; le foglie si seccano, ma i fusti rimangono eretti.
Tartarato di dimetilpiperilammonio.	Aspetto caratteristico delle piante simile a quello determinato dalle altre basi quaternarie, ma meno accentuato. Tossicità limitata.
Nicotina.	Disseccamento delle foglie semplici; albinismo delle prime foglie composte.
Morfina.	Fenomeni tossici non molto rimarchevoli.
Codeina.	Tossicità maggiore della morfina: le foglie si ricoprono di chiazze e si seccano.
Eroina.	Tossicità notevole esercitata sulle foglie che ingialliscono.
Papaverina.	Le piantine, qualche tempo dopo la somministrazione deperiscono progressivamente; le foglie appassiscono, massime ai bordi.
Narcotina.	Azione simile a quella esercitata dalla papaverina.
Cocaina.	Le foglie si ricoprono di chiazze brune; le piantine muoiono prima di poter sviluppare le foglie composte.
Atropina.	Le foglie si ricoprono prima di verruche poi di chiazze. Le piantine, a sviluppo avanzato mostrano di soffrire notevolmente, tuttavia alcune giungono a fioritura.

SOSTANZA IMPIEGATA	AZIONE ESERCITATA
Sparteina.	Le foglie si ricoprono di macchie brunastre e si disseccano rapidamente.
Caffeina.	Le foglie, che si ricoprono di chiazze gialle, si disseccano rapidamente.
Teobromina.	Tossicità non molto forte che si manifesta coll'albinismo delle foglie semplici.
Acido metilurico.	Tossicità limitata i cui primi segni appariscono dopo l'emissione delle seconde foglie composte.
Acido urico.	Sviluppo rigoglioso.
Chinina.	Lo sviluppo si arresta, le foglie raggrinziscono, gli steli si ripiegano.
Cinconina.	Fenomeni tossici analoghi a quelli determinati dalla chinina, ma meno intesi.
Stricnina.	Lo sviluppo si arresta all'emissione delle seconde foglie composte.

Come s'è detto nell'introduzione di questa prima parte della Memoria, le esperienze della scorsa estate ebbero lo scopo di proseguire nello studio dell'azione dei diversi gruppi di sostanze organiche sullo sviluppo delle piantine di fagioli ma sopratutto di comparare l'azione di alcuni composti fondamentali con quella dei loro più prossimi derivati.

I risultati che emergono dalle esperienze ora descritte e riassunti nel precedente specchio, possono essere brevemente commentati nel seguente modo:

Per accertare l'influenza dei gruppi metilici abbiamo anzitutto sperimentato le tre amine metilate, la monometilamina, la dimetilamina e la trimetilamina allo stato di tartarati e di fosfati. L'effetto fu quello previsto; mentre i rispettivi sali ammonici non esercitano una speciale azione, le tre amine si dimostrarono venefiche ma in grado diverso col numero crescente dei metili, per cui la monometilamina è la meno

tossica e la sua azione meno pronta, mentre la più rapida e nell' effetto più efficace è la trimetilamina.

In relazione colle amine abbiamo studiato l' effetto dei composti quaternari: i tartarati e i fosfati di tetrametil e tetraetilammonio $(CH_3)_4 N \cdot R$ e $(C_2H_5)_4 N \cdot R$. Le due sostanze si mostrarono meno tossiche, ma in accordo colla loro speciale struttura e col loro peculiare contegno chimico, in modo diverso dalle amine ora menzionate. Al colore molto più scuro delle foglie si associò un abito tanto caratteristico da poter servire quasi come mezzo per riconoscere per questa via i composti quaternari.

In seguito all'azione fortemente venefica della caffeina o trimetilxantina $C_5HO_2N_4(CH_3)_3$, osservata l' anno scorso, era da aspettarsi che la teobromina $C_5H_2O_2N_4(CH_3)_2$ o dimetilxantina avesse un effetto più moderato. Così è realmente. Le piantine si mantengono più a lungo in vita e le prime foglie non appassiscono così rapidamente come colla caffeina, ma modificano l' aspetto in modo assai caratteristico presentando un grazioso fenomeno di albinismo che si manifesta con screziature gialle che ricordano un poco quelle dell'Aucuba japonica.

Dopo questo risultato appariva probabile che anche l' acido metilurico $C_5H_3O_3N_4 \cdot CH_3$ avesse qualche azione venefica sulle piantine di fagioli in confronto all' acido urico $C_5H_4O_3N_4$ che, come avevamo trovato l' anno scorso, non ne possiede alcuna. Le prove di confronto, eseguite coi rispettivi sali potassici confermarono la supposizione.

In seguito a queste esperienze ci parve opportuno esaminare il contegno di alcuni derivati naturali ed artificiali della piperidina $C_5H_{10}NH$ ed in proposito abbiamo studiata l'azione della n-metilpiperidina $C_5H_{10}N \cdot CH_3$, del tartarato di dimetilpiperilammonio $C_5H_{10}N(CH_3)_2R$, della conina o α-propilpiperidina $C_5H_9NH \cdot C_3H_7$ e infine della piperina $C_5H_{10}N \cdot C_{12}H_9O_3$. La piperidina si dimostrò questa volta non del tutto indifferente, ma le piantine, con qualche lieve sofferenza arrivarono a completo sviluppo; tutti i suaccennati derivati si mostrarono invece più o meno decisamente tossici e condussero all' appassimento delle piantine.

Passando ad altri alcaloidi naturali abbiamo voluto comparare l' azione della morfina $C_{17}H_{17}NO(OH)_2$ a quella della codeina o metilmorfina $C_{17}H_{17}NO(OH)(OCH_3)$. La comparazione in questo caso era interessante perchè si trattava di vedere se anche l' eterificazione di un ossidrile col metile avesse per effetto un' esaltazione delle proprietà tossiche dell' alcaloide contrariamente all' opinione di quanto dai più finora si credeva. Così è difatto; mentre la morfina non determina fenomeni tossici molto rimarchevoli, la codeina conduce all' appassimento delle piantine. Abbiamo sperimentato anche la diacetilmorfina (eroina) $C_{17}H_{17}NO(OC_2H_3O)_2$, che dimostrò pure proprietà maggiormente tossiche della morfina.

Ci sembrò interessante anche la comparazione della chinina $C_{19}H_{21}ON_2 \cdot OCH_3$ con la cinconina $C_{19}H_{22}ON_2$ sebbene in questo caso la differenza di costituzione non fosse di un metile soltanto, ma di un ossimetile. Nonpertanto la cinconina si mostrò meno venefica della chinina producendo presso a poco gli stessi fenomeni, ma in modo meno accentuato.

Estendendo anche su altri alcaloidi le nostre prove per acquistare esperienza maggiore, abbiamo confrontato l' azione dell' atropina $C_8H_{14}N(O \cdot C_9H_9O_2)$ con quella della cocaina $C_8H_{13}N(O \cdot C_7H_5O)\,(COOCH_3)$ che hanno il nucleo fondamentale in comune ma con diverse aggiunte: nel primo caso un ossidrile eterificato dall' acido tropico, nel secondo dall' acido benzoico con un' appendice carbossimetilica. Le prove di confronto hanno dimostrato che entrambi questi alcaloidi hanno azione venefica, ma quella della cocaina è assai più pronta ed intensa di quella dell' atropina. Questa notevole differenza nella tossicità dei due alcaloidi è probabilmente da attribuirsi non già alla presenza del radicale dell' acido benzoico in luogo di quello dell' acido tropico nella cocaina, ma bensì al gruppo carbossimetilico.

Quale seguito allo studio della morfina abbiamo sperimentato anche la papaverina e la narcotina, quali alcaloidi isochinolinici, per vedere se la loro azione fosse diversa da quella della morfina come lo è la loro costituzione. Realmente le due basi sono assai più tossiche della morfina e si assomigliano nei loro effetti.

È velenosa pure la sparteina la cui costituzione non è del tutto accertata.

Infine abbiamo ripetuto le esperienze dell' anno scorso colla nicotina e la stricnina; abbiamo così potuto confermare che la seconda all' inizio del trattamento produce un maggior sviluppo delle piantine rispetto ai testimoni; poi l' accrescimento si arresta e le piantine periscono. Anche l' isoamilamina $(CH_3)_2 : CH \cdot CH_2 \cdot CH_2NH_2$, che venne sperimentata parallelamente alla nicotina, si dimostrò molto velenosa producendo fenomeni simili a quelli determinati dalla nicotina. Siccome le piantine perirono troppo rapidamente, l' esperienza va ripresa, anche per il confronto coll' amilamina normale.

Dopo questi concordi risultati che attestano tutti l' influenza dei metili sull' azione tossica delle sostanze fin qui sperimentate, ci è parso utile esaminare il contegno di qualche composto aromatico anche estraneo al regno vegetale. Così abbiamo impiegato l' anilina $C_6H_5NH_2$, l' acetanilide $C_6H_5NH \cdot COCH_3$ e la metilacetanilide o esalgina $C_6H_5N \cdot CH_3 \cdot COCH_3$; tutte tre le sostanze si mostrarono venefiche, ma l' acetanilide più dell' anilina e l' esalgina più delle altre due.

Anche comparando l' azione della pirocatechina $C_6H_4(OH)_2$ con quella del guaiacolo $C_6H_4OH \cdot OCH_3$ si potè confermare la regola, in quanto il guaiacolo si dimostrò più tossico della pirocatechina.

Era pure nostra intenzione di paragonare l' effetto dell' indolo con quello dell' α-metilindolo, ma per la poca solubilità di quest' ultimo la prova riuscì incerta. Entrambe le sostanze si dimostrarono peraltro velenose.

Inoltre l' esperienza col salicilato di potassio $C_6H_4 \cdot OH \cdot COOK$ e col salicilato di metile $C_6H_4 \cdot OH \cdot COOCH_3$ dimostrò che il metile anche quando eterifica il carbossile determina un' azione tossica.

Fuori di programma stanno, per così dire, le prove che abbiamo fatto con alcuni corpi della serie ureica e cianica, ma la comparazione degli effetti prodotti da queste sostanze poteva interessare da un altro punto di vista. Il risultato è stato questo: che la cianamide e la guanidina si dimostrarono velenose mentre coll' urea si ebbe

uno sviluppo straordinariamente rigoglioso. Il cianuro ed il cianato di potassio dimostrarono pure azione tossica. È rimarchevole la differenza fra l' azione dell' urea $CO(NH_2)_2$ e quella della guanidina $C(NH)(NH_2)_2$, dovuta, come apparirebbe, alla sostituzione dell' imino all' ossigeno, ciò che starebbe in accordo colla forte tossicità della cianamide, che può essere considerata nella sua forma tautomera come la carbodiimide $CN \cdot NH_2 \rightleftarrows C(NH)_2$.

Dalle esperienze descritte risulta dunque, che la nostra supposizione espressa in seguito alle prove fatte l' anno scorso con la xantina e la trimetilxantina (caffeina) riguardo alla possibile influenza dei metili è stata largamente e pienamente confermata; crediamo si possa ora affermare con certezza che i metili lungi dall' avere un' influenza protettrice sui gruppi reattivi quali gli ossidrili ed i gruppi aminici ed iminici, esaltano l' azione delle sostanze fondamentali che li contengono. Ma non sono soltanto i gruppi metilici che modificano l' azione dei composti organici sulle piantine di fagioli; anche gli altri radicali hanno il loro significato: così il gruppo propilico nella conina, l' acetile nella acetilpiperidina, nella acetilmorfina e nell' acetanilide ed il radicale dell' acido piperinico nella piperina.

Davanti a questo quadro si è portati a credere che le piante partendo dai composti più semplici fondamentali li adornino, per così dire, chimicamente di gruppi alchilici o acidi e di catene laterali per adibirli a speciali funzioni.

Per quanto riguarda la reazione dell' iodio risulta dalle esperienze menzionate nella parte descrittiva, che le sostanze venefiche da noi sperimentate sulle piantine di fagioli influiscono in alcuni casi sulla migrazione dell' amido durante la notte, per cui la colorazione compare anche dove la foglia era stata coperta dalla carta nera. Anche la formazione dell' amido ne viene ostacolata, perchè spesso le foglie non risultano uniformemente colorate dall' iodio, ma nel loro aspetto presentano delle discontinuità in forma di macchie o venature. L' azione delle sostanze tossiche si manifesta però tanto sul processo della formazione, come su quello dell' idrolisi dell' amido ed a seconda che l' una o l' altra prevalga, la foglia assume per il trattamento coll' iodio un aspetto particolare.

SECONDA PARTE

Colle esperienze dello scorso anno descritte nella nostra X Memoria abbiamo dimostrato che varie sostanze organiche messe a contatto delle poltiglie di spinaci vengono ossidate per azione dei principi attivi contenuti nelle piante. Abbiamo voluto quest' anno sperimentare altri composti quali gli acidi lattico, ossalico, succinico, malico, mandelico; il toluolo, la cumarina e vari chetoni cioè il metiletitilchetone, il mentone, il cicloesanone e i tre metilcicloesanoni isomeri. Abbiamo prescelto queste sostanze perchè, conformemente a quanto avevamo detto in fine della nostra X Memoria, appariva opportuno comparare l' azione catalizzatrice della luce con quella degli enzimi vegetali nelle ossidazioni. Le sostanze ora menzionate sono state appunto stu-

diate da Ciamician e Silber nel loro contegno alla luce in presenza di ossigeno (1).

Inoltre abbiamo studiato il comportamento dell' acido benzoico inoculato nelle piante viventi di mais, poichè altre esperienze ci avevano dimostrato che questa sostanza scompare in gran parte dalle piante senza che peraltro venga eliminata, come taluni corpi volatili, quali la piridina e la nicotina, per gli organi aerei (2).

Acido lattico. — Per studiare il contegno dell' acido lattico colla poltiglia di spinaci, si trattò in un pallone mezzo Chgr. di poltiglia con 10 gr. di acido lattico sciolti in 500 cc. di acqua e un poco di toluolo come antisettico. L' esperienza venne iniziata il 23 novembre e si lasciò il miscuglio a se fino al 16 gennaio. Durante questo tempo si faceva passare continuamente attraverso la massa una lenta corrente di ossigeno. Colla massa si preparò quindi un estratto acquoso che fu portato al volume di due litri.

Per ricercare i prodotti volatili che presumibilmente si sarebbero formati nell' ossidazione dell' acido lattico, l' estratto venne distillato. Sulle prime porzioni del liquido raccolto, che erano neutre al tornasole, si eseguì la prova col nitrato d' argento ammoniacale. Si ebbe una forte riduzione indicante la presenza dell' aldeide acetica; questo corpo si era dunque originato per ossidazione dell' acido lattico.

Acido ossalico. — Per questa esperienza si pose, come precedentemente, mezzo Chgr. di poltiglia di spinaci con 10 gr. di acido ossalico sciolti in mezzo litro d' acqua e un poco di toluolo e si lasciò il tutto in corrente di ossigeno dal 23 novembre all' 8 gennaio.

Colla massa si preparò quindi l' estratto acquoso che fu portato al volume di due litri. Sopra una parte aliquota si dosò l' acido ossalico precipitandolo come ossalato di calcio. Si ottennero gr. 0,059 di ossido di calcio, corrispondenti a gr. 1,90 di acido ossalico in tutto l' estratto.

Un' altra parte aliquota (200 cc.) venne distillata per vedere se si fosse formata aldeide formica. La reazione del nitrato d' argento ammoniacale fu però negativa.

Un' altra parte aliquota dell' estratto venne trattata con emulsina e dopo 24 ore di riposo fu dosato l' acido ossalico per vedere se esso avesse dato origine a qualche composto di natura glucosidica. Non si ebbe alcun aumento nella quantità di detto acido.

Per controllo si determinò l' acido ossalico negli spinaci che non avevano subito alcun trattamento. A tal fine se ne estrassero 500 gr. con acqua ed il liquido venne portato a 2 litri; 100 cc. di questi diedero gr. 0,0925 di ossido di calcio da cui si calcola un tenore in acido ossalico pari a gr. 2,98 nei 500 gr. di spinaci.

---

(1) Ciamician e Silber. Azioni chimiche della luce: 7ª Memoria, queste Memorie, serie VI, vol. IX, pag. 168 (1911-912); 8ª Memoria, serie VII, vol. II, pag. 188 e seguenti (1914-915).

(2) Come fu già accennato nella nostra precedente Memoria, la nicotina inoculata nel mais allo stato di tartarato, viene in parte eliminata dalle foglie. Abbiamo perciò voluto ricercare se anche la nicotina contenuta normalmente nel tabacco fosse in parte traspirata. Il risultato fu negativo.

Le esperienze coll' acido ossalico indicano dunque che questo corpo si era pressochè completamente ossidato.

Acido succinico. — L' esperienza venne eseguita nelle condizioni precedentemente indicate, con 10 gr. di acido succinico.

Si eseguì, come al solito, l' estratto acquoso, che venne portato al volume di 2 litri. Una parte dell' estratto venne distillata per ricercarvi l' acido acetico e le aldeidi eventualmente formatesi per ossidazione. Per l' acido acetico la prova fu negativa perchè il liquido aveva reazione neutra; il nitrato d' argento ammoniacale venne invece ridotto, indicando la presenza di aldeide acetica.

Sopra un' altra parte dell' estratto venne dosato l' acido succinico allo stato di succinato di bario. A tal fine 100 cc. vennero neutralizzati con carbonato sodico e precipitati all' ebollizione con cloruro di bario. Si ottenne una quantità di succinato pari a gr. 2,35 di acido succinico nell' estratto totale in confronto dei 10 gr. introdotti.

Un' altra parte aliquota (100 cc.) dell' estratto venne trattata con emulsina per vedere se si fosse formato qualche corpo di natura glucosidica. La determinazione dell' acido succinico ne indicò un contenuto totale di gr. 3,37. Da ciò risulta che una parte dell' acido succinico si era combinata in un composto scindibile dall' emulsina.

Acido malico. — A mezzo Chgr. di poltiglia di spinaci vennero aggiunti 10 gr. di acido malico sciolti in 500 cc. di acqua e un poco di toluolo. Il miscuglio si lasciò in corrente di ossigeno dal 23 novembre al 15 gennaio.

L' estratto acquoso della massa, portato al volume di 2 litri, venne distillato. Il liquido raccolto, che aveva reazione neutra, venne nuovamente distillato per raccogliere le sostanze più volatili in piccolo volume. L' operazione fu ripetuta varie volte. Il distillato ultimo riduceva fortemente il nitrato d' argento ammoniacale. Abbiamo attribuito la reazione alla presenza dell' aldeide acetica essendo riuscita negativa la ricerca dell' aldeide formica.

Acido mandelico, — Per l' esperienza con questa sostanza si mescolarono 500 gr. di poltiglia di spinaci con 10 gr. di acido mandelico e mezzo litro d' acqua e si lasciò il miscuglio per un mese in corrente di ossigeno. Colla massa fu quindi preparato un estratto acquoso che venne distillato in corrente di vapore per ricercare gli acidi volatili. Il distillato aveva reazione neutra. Il residuo della distillazione cedette all' etere soltanto mezzo gr. di acido mandelico.

Per vedere se l' acido mandelico si fosse combinato in un composto di natura glucosidica, abbiamo fatto bollire una parte del liquido con acido solforico diluito. Estraendo quindi di nuovo con etere si ebbe una quantità totale di acido mandelico pari a gr. 7.

L' esperienza venne ripetuta in matraccio chiuso riempito di anidride carbonica, anzichè in corrente di ossigeno. L' estratto acquoso della massa, dibattuto con etere cedette al solvente gr. 7,80 di acido mandelico. Dal residuo dell' estrazione bollito con acido solforico diluito, non se ne ottenne traccia alcuna.

Da queste prove parrebbe dunque che l'acido mandelico venisse trasformato in larga misura in un composto scindibile dall'acido solforico diluito a differenza di altri casi in cui solo una piccola parte della sostanza rimane legata in una forma scomponibile dagli acidi per idrolisi. Questa azione sarebbe peraltro determinata dalla presenza dell'ossigeno. L'esperienza deve essere ripetuta anche per vedere se fosse possibile di isolare il composto formatosi e che non è estraibile dall'etere.

Toluolo. — In un matraccio della capacità di circa 5 litri vennero posti, il 7 dicembre, gr. 500 di poltiglia di spinaci gr. 10 di toluolo e 500 cc. di acqua. Il matraccio fu riempito di ossigeno, chiuso alla lampada e lasciato a se fino al 6 febbraio.

Colla massa si preparò un estratto acquoso, che venne neutralizzato con carbonato sodico e distillato in corrente di vapore per eliminare il toluolo. Il residuo della distillazione, acidificato, venne estratto con etere per la ricerca dell'acido benzoico. La reazione col cloruro ferrico fu però negativa. Il toluolo non viene quindi ossidato.

Cumarina. — L'esperienza con questa sostanza venne eseguita mescolando con 500 gr. di poltiglia di spinaci, 10 gr. di cumarina e 500 di acqua con un poco di toluolo come antisettico. Il miscuglio fu lasciato a se in corrente di ossigeno dal 20 novembre al 21 gennaio.

Venne quindi preparato un estratto acquoso che, esaurito con etere, lasciò soltanto gr. 2,11 di cumarina in confronto dei 10 gr. introdotti. In vista della piccola solubilità della cumarina e supponendo che essa fosse rimasta aderente al panello residuo dell'estrazione, lo abbiamo esaurito con etere, poi con alcool, acido acetico glaciale e cloroformio. Si ottennero così infatti nuove quantità di cumarina, ma non si rilevò la presenza della diidrocumarina, che si forma invece per azione della luce.

Metiletilchetone. — In un matraccio dalla capacità di 5 litri si posero il 7 dicembre gr. 500 di spinaci, gr. 500 di acqua, gr. 10 di metiletilchetone. Il matraccio venne quindi riempito di ossigeno, chiuso alla lampada e lasciato a sè fino al 1° febbraio.

All'apertura del matraccio si notò una lieve aspirazione. Il contenuto venne estratto con acqua ed il liquido distillato in corrente di vapore fino ad eliminazione degli acidi volatili. Il distillato venne bollito con carbonato di calcio, quindi filtrato ed evaporato a secco. Si ottennero gr. 2,5 di sali di calcio. Questi vennero sciolti in acqua e la soluzione fu trattata con nitrato d'argento in difetto. A caldo il liquido annerì fortemente indicando la presenza dell'acido formico. Si fece bollire fino a completa riduzione; dal filtrato, per precipitazione frazionata con nitrato d'argento si ottennero due porzioni, che analizzate diedero numeri corrispondenti al sale argentico dell'acido propionico.

Prima frazione:

gr. 0,4084 di sostanza diedero gr. 0,2426 di *Ag*.

In 100 parti :

calcolato per $C_3H_5O_2Ag$		trovato
Ag	59,65	59,40

Seconda frazione :
gr. 0,4184 di sostanza diedero gr. 0,2484 di *Ag*.
In 100 parti :

calcolato per $C_3H_5O_2Ag$		trovato
Ag	59,65	59,36

Mentone. — In due matracci della capacità di 5 litri vennero posti rispettivamente 500 gr. di poltiglia di spinaci, 500 cc. di acqua e 10 gr. di mentone. I matracci furono quindi riempiti di ossigeno, chiusi alla lampada e lasciati a se dal 7 dicembre al 7 febbraio.

Si preparò con tutta la massa un estratto acquoso. La metà del liquido venne neutralizzata con carbonato sodico e distillata in corrente di vapore. Il distillato, estratto con etere, dimostrò di contenere gr. 2,5 di mentone inalterato in confronto ai 10 gr. introdotti.

Il liquido residuo della distillazione, estratto con etere diede una piccola quantità di una sostanza oleosa che non potè essere identificata. Il liquido stesso venne allora acidificato con acido solforico ed estratto nuovamente con etere. Per evaporazione dell' etere si ottenne un residuo oleoso del peso di gr. 3,15 dal quale si separarono nel vuoto numerosi cristalli.

L' altra metà dell' estratto primitivo venne distillata senza saturarla con carbonato; nel distillato si separò il mentone e si eseguì la ricerca dell' acetone che riuscì negativa. Il residuo della distillazione venne saturato con carbonato sodico, evaporato a secco, ripreso con acqua e la soluzione, acidificata con acido solforico, venne estratta con etere. Per evaporazione del solvente si ottenne un residuo oleoso, simile al precedente, del peso di gr. 2,70 e dal quale, nel vuoto, si separarono numerosi cristalli. I due estratti furono riuniti e distillati in corrente di vapore. Il distillato, che aveva reazione acida, venne bollito con carbonato di calcio, filtrato e evaporato a secco. Il residuo pesava gr. 2,80. Questo, sciolto in acqua, venne precipitato frazionatamente con nitrato d' argento. Si ottenne a caldo una forte riduzione che indicò la presenza dell' acido formico. Si separarono quindi due frazioni di sali d' argento la prima delle quali, analizzata, diede una percentuale d' argento intermedia fra l' acetato e il propionato; la seconda diede risultato corrispondente all' acetato d' argento.

1ª frazione :
gr. 0,2027 di sostanza diedero gr. 0,1238 di *Ag*.

In 100 parti :

Calcolato per $C_3H_5O_2Ag$		trovato
59,65		61,07
Calcolato per $C_2H_3O_2Ag$		
64,66		

2ª frazione :

gr. 0,1201 di sostanza diedero gr. 0,1030 di *Ag*.

In 100 parti :

calcolato per $C_2H_3O_2Ag$	trovato
64,66	64,52

Il liquido rimasto indietro da quest' ultima distillazione venne estratto ripetutamente con etere. Per evaporazione del solvente si ottennero numerosi cristalli che, decolorati con nero animale e ricristallizzati dall' acqua, fondevano a 184-186°. Tale è il punto di fusione dell' acido succinico. Mescolando questi cristalli coll' acido succinico, il punto di fusione rimase inalterato e quindi risultò stabilita la sua identità.

Cicloesanone. — Si lasciarono a contatto dal 7 dicembre al 23 gennaio 10 gr. di cicloesanone con 500 gr. di poltiglia di spinaci e 500 gr. di acqua in matraccio chiuso riempito di ossigeno. All' apertura del matraccio si notò forte pressione.

Una piccola parte dell' estratto acquoso, titolata con soda decinormale dimostrò un' acidità totale pari a gr. 4,80 di acido acetico, mentre in un estratto di controllo l' acidità era di gr. 1,90. Tutto il rimanente estratto venne neutralizzato con carbonato sodico ed estratto con etere. Per evaporazione del solvente si ebbe un residuo liquido che pesava gr. 2,15. La reazione di Angeli fu negativa.

Il liquido primitivo venne quindi acidificato con acido solforico ed estratto con etere. Nell' estratto etereo, liquido, del peso di gr. 0,8 si ricercarono gli acidi adipico e capronico che Ciamician e Silber ottennero per azione della luce sul cicloesanone. Il risultato fu negativo.

Il liquido acido residuo dell' estrazione venne distillato in corrente di vapore per identificare gli acidi volatili. Il distillato fu bollito con carbonato di calcio, filtrato, evaporato a secco nel vuoto. Si ottennero gr. 2,7 di sali di calcio, che vennero sciolti in acqua e precipitati frazionatamente con nitrato d' argento. L' annerimento, ottenuto a caldo, ci indicò la presenza dell' acido formico. Si separarono quindi due frazioni la prima delle quali diede all' analisi una percentuale d' argento che si avvicina a quella dell' acido butirrico e la seconda a quella dell' acido propionico.

1ª frazione :

gr. 0,5602 di sostanza diedero gr. 0,3065 di *Ag*.

In 100 parti:

calcolato gr. $C_4H_7O_2Ag$.		trovato
Ag	55,36	54,71

2ª frazione:
gr. 0,4346 di sostanza diedero gr. 0,2547 di *Ag*.
In 100 parti:

calcolato per $C_3H_5O_2Ag$	trovato
59,65	58,65

o-Metilcicloesanone. — In due matracci della capacità di 5 litri si distribuirono 20 gr. del chetone con 1 Chgr. di poltiglia di spinaci e 1 litro d' acqua. I matracci, riempiti di ossigeno e saldati alla lampada vennero lasciati a sè per un mese.

All' apertura dei matracci si ebbe forte aspirazione. La massa venne neutralizzata con carbonato sodico e distillata col vapore. Il distillato diede un estratto etereo del peso di gr. 5 costituito dal chetone inalterato.

Col residuo della distillazione venne fatto un estratto acquoso ed il liquido ottenuto fu acidificato con acido solforico e distillato in corrente di vapore fino a reazione neutra. Il distillato venne saturato a caldo con carbonato di calcio ed il liquido filtrato, evaporato a secco. Si ottennero gr. 2,40 di sali di calcio da cui, per precipitazione frazionata con nitrato d' argento si ottenne, oltre a grande quantità di formiato, una frazione che all' analisi diede una percentuale di argento che si avvicina a quella del propionato.

gr. 0,2488 di sostanza diedero gr. 0,1499 di *Ag*.
In 100 parti:

calcolato per $C_3H_5O_2Ag$		trovato
Ag	59,65	60,24

Il liquido acido residuo della distillazione, dibattuto con etere, diede un estratto oleoso bruno dal quale non si potè isolare alcuna sostanza cristallina.

m-Metilcicloesanone. — L' esperienza con questa sostanza venne eseguita contemporaneamente alla precedente e colle stesse modalità. All' apertura dei matracci si ebbe forte aspirazione. La massa, neutralizzata con carbonato sodico fornì, per distillazione col vapore, 10 gr. di chetone inalterato.

L' estratto acquoso venne, come precedentemente, distillato in corrente di vapore. Il residuo della distillazione, dibattuto con etere, diede un estratto sciropposo del peso di 7 gr. Nel vuoto lasciò depositare dei cristalli che purificati dall' acqua fondevano

a 184-186°. Mescolati con acido succinico, il punto di fusione rimase inalterato; essi erano perciò costituiti da acido succinico.

Il liquido distillato venne bollito con carbonato di calcio, filtrato ed evaporato a secco nel vuoto. Si ottennero gr. 5,70 di sali di calcio, chè sciolti in acqua vennero trattati frazionatamente con nitrato d' argento. Si ebbe a caldo fortissimo annerimento indizio della presenza di acido formico. Inoltre le due frazioni separate diedero all' analisi percentuali di argento la prima corrispondente al sale dell' acido propionico; la seconda intermedia fra l' acetato e il propionato.

1ª frazione:

gr. 0,2430 di sostanza diedero gr. 0,1460 di *Ag*.

In 100 parti:

calcolato per $C_3H_5O_2Ag$		trovato
Ag	59,65	60,00

2ª frazione:

gr. 0,4956 di sostanza diedero gr. 0,3070 di *Ag*.

In 100 parti:

calcolato per $C_2H_3O_2Ag$		
Ag	64,66	trovato
calcolato per $C_3H_5O_2Ag$		61,94
Ag	59,65	

p-Metilcicloesanone. — Si operò, anche per questa sostanza, contemporaneamente e nel modo indicato per gli altri due chetoni.

All' apertura dei matracci si ebbe forte aspirazione. La sostanza rimasta inalterata fu di gr. 8. L' estratto etereo del liquido acido (gr. 3) non diede alcuna sostanza cristallina. Dal distillato in corrente di vapore si ottennero gr. 6 di sali di calcio, che col nitrato d'argento diedero la reazione dell' acido formico; si separarono poi due frazioni, che all' analisi fornirono numeri intermedi fra l' acetato e il propionato argentico.

I - gr. 0,1748 di sostanza diedero gr. 0,1070 di *Ag*.

II - gr. 0,1800 di sostanza diedero gr. 0,1100 di *Ag*.

In 100 parti:

calcolato per $C_3H_5O_2Ag$			trovato	
Ag	59,65		I frazione	II frazione
calcolato per $C_2H_3O_2Ag$			61,21	61,11
Ag	64,64			

Benzoato sodico nel mais. — Le esperienze con questa sostanza descritte nella nostra IX Memoria ci avevano dimostrato che qualora essa venga inoculata nel mais par la massima parte scompare, mentre per semplice contatto colla poltiglia di spinaci in corrente di ossigeno l' acido benzoico resta inalterato. Poichè da un' apposita esperienza era risultato che l' acido benzoico inoculato non viene eliminato per le foglie, abbiamo eseguito una ricerca per vedere quali trasformazioni subisse nelle piante viventi. A questo scopo vennero inoculati in 25 piante di mais in due volte cioè il 22 giugno e il 3 luglio 1917 complessivamente, gr. 36 di benzoato sodico. Le piante vennero raccolte l' 11 luglio; il loro peso era di Chgr. 11. Si preparò con esse un estratto acquoso, che venne concentrato nel vuoto a piccolo volume (3 litri). Questa operazione fu eseguita nello Stabilimento Erba di Milano e sentiamo l' obbligo di ringraziare vivamente il Procuratore generale della Casa, Dott. Giovanni Morselli il quale, anche questa volta, con grande gentilezza volle facilitare il nostro compito.

Sopra 300 cc. dell' estratto si dosò l' acido benzoico inalterato acidificando con acido solforico ed estraendo con etere. L' estratto etereo dava debolmente anche la reazione dell' acido salicilico e conteneva, oltre a numerosi cristalli, un liquido oleoso. Per separare i cristalli, questi vennero disciolti in acqua fredda; l' olio rimase indietro per filtrazione ed il liquido, estratto con etere, fornì gr. 0,89 di acido benzoico pari a gr. 8,90 su tutto l' estratto in confronto dei 36 gr. di benzoato sodico inoculati, che corrispondono a 30,5 gr. di acido benzoico.

Un' altra parte aliquota dell' estratto (800 cc.,) venne distillata col vapore per ricercare gli acidi volatili eventualmente formatisi. Il distillato aveva un' acidità corrispondente, per tutto l' estratto, a gr. 25,4 di acido acetico. Per identificare gli acidi volatili, la metà del distillato venne bollita con carbonato di calcio, filtrata ed il liquido evaporato a secco nel vuoto. Si ottennero gr. 5 di sali di calcio che furono precipitati frazionatamente con nitrato d' argento. A caldo si ottenne l' annerimento indizio della presenza di acido formico. Si separarono quindi tre frazioni: la prima risultò costituita da propionato d' argento; la terza da acetato e la seconda diede all' analisi un tenore d' argento intermedio fra l' acetato e il propionato.

1ª frazione: gr. 0,1320 di sostanza diedero gr. 0,0790 di *Ag*.

2ª frazione: gr. 0,1028 di sostanza diedero gr. 0,0632 di *Ag*.

3ª frazione: gr. 0,1203 di sostanza diedero gr. 0,0779 di *Ag*.

calcolato per $C_3H_5O_2Ag$	
Ag	59,65
calcolato per $C_2H_3O_2Ag$	
Ag	64,66

trovato		
1ª frazione	2ª frazione	3ª frazione
59,84	61,47	64,75

Per controllo della precedente esperienza si distillò in corrente di vapore un estratto di alcune piante di mais che non avevano subito alcun trattamento, per dosarvi gli acidi volatili. Non se ne ottennero che quantità insignificanti.

RIASSUNTO E CONCLUSIONI

Le esperienze descritte in questa seconda parte della presente Memoria avevano sopratutto lo scopo di comparare le ossidazioni determinate dagli enzimi vegetali con quelle che Ciamician e Silber avevano ottenuto per l'azione della luce. La comparazione dimostrò che queste azioni non sempre si corrispondono.

Così il toluolo, che per autossidazione alla luce dà acido benzoico, non viene alterato dagli enzimi delle foglie di spinaci.

Degli acidi esaminati, l'ossalico viene ossidato quasi completamente tanto per azione della luce quanto per quella degli enzimi. Il succinico, invece, che alla luce dà in piccola parte il gliossale e contemporaneamente l'aldeide acetica e gli acidi grassi acetico e propionico, cogli enzimi non produce nè il gliosale, nè acidi volatili, ma solo aldeide acetica, mentre una parte si trasforma in un composto scindibile dall'emulsina.

L'acido lattico si autossida alla luce dando l'aldeide e l'acido acetico; cogli enzimi non si ebbe invece che la prima. Il malico, oltre a prodotti non ancora definiti, dà alla luce le aldeidi formica ed acetica e l'acido acetico; con gli enzimi, invece, soltanto la seconda.

Assai diverso è il contegno dell'acido mandelico: mentre per azione della luce si autossida analogamente al lattico, dando le aldeidi benzoica e salicilica, con gli enzimi si trasforma quasi completamente in un composto che viene evidentemente idrolizzato dall'acido solforico diluito per ridare l'acido mandelico. È assai curioso che in atmosfera di anidride carbonica l'acido mandelico non subisca questa trasformazione. Lo studio va ripreso.

La cumarina alla luce ed anche in presenza di ossigeno si trasforma nel dimero, la idrodicumarina di Dyson, mentre cogli inzimi degli spinaci questa polimerizzazione non ha luogo.

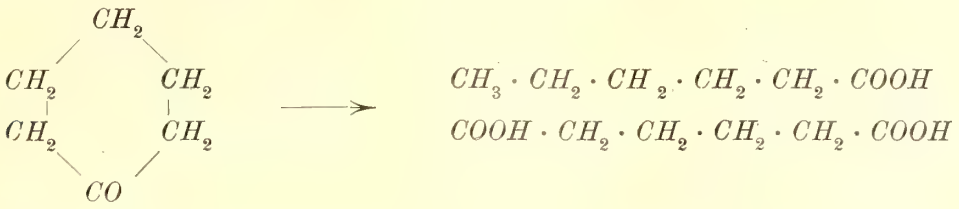
Passando ai chetoni, va menzionato anzitutto il metiletilchetone che, analogamente all'acetone, si ossida con gli enzimi per dare gli acidi formico e propionico:

$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CO \cdot CH_3 \longrightarrow CH_3 \cdot CH_2 \cdot COOH + H \cdot COOH.$$

Alla luce l'acetone si comporta come con gli enzimi e però è probabile che faccia altrettanto il metiletilchetone, che non è stato ancora studiato da questo lato.

Le differenze maggiori si incontrano coi ciclochetoni: il cicloesanone, i tre metilcicloesanoni isomeri ed il mentone. Alla luce avviene in questi casi, oltre all'idrolisi per cui si producono i rispettivi acidi grassi, l'ossidazione che conduce agli acidi

bibasici o chetonici corrispondenti al chetone impiegato. Così ad esempio il cicloesanone dà, alla luce, l' acido capronico e l' acido adipico:



Con gli enzimi invece non abbiamo mai potuto ottenere gli acidi bibasici corrispondenti al chetone impiegato, ma invece sempre degli acidi grassi inferiori che vanno dal butirrico, al propionico, all' acetico e finalmente al formico. Fra i prodotti di ossidazione del mentone e del m-metilcicloesanone abbiamo potuto isolare anche piccole quantità di acido succinico.

Da quanto abbiamo esposto risulta dunque che gli enzimi delle foglie di spinaci hanno, conformemente a quanto avevamo osservato negli scorsi anni, un' azione ossidante elettiva che in certi casi resta indietro, in altri invece oltrepassa quella determinata dalla luce. Sono curiosi gli effetti sintetici a cui accennavano già le nostre esperienze dell' anno scorso, cioè la formazione della saliretina dalla saligenina e quella di composti scindibili dall' emulsina o dagli acidi diluiti osservati col glucosio e cogli acidi tartarico, succinico e mandelico. Per ora non ci è riuscito di riconoscere quali composti si formano in questi casi; ci ripromettiamo di tornare sull' acido mandelico che subisce, a quanto sembra, la trasformazione più completa.

Dalle nostre ricerche sul contegno di alcune sostanze organiche inoculate nel mais e nel tabacco risultava che corpi anche molto resistenti all' ossidazione, come ad esempio la piridina e l' acido benzoico, non si ritrovano che in piccola quantità nel successivo estratto della pianta. Si poteva però pensare che venissero eliminate per ossidazione, ma d' altra parte le prove fatte colle poltiglie di spinaci in presenza di ossigeno dimostravano che nè l' uno nè l' altro di questi corpi in queste condizioni viene alterato. Per la piridina l' anno scorso abbiamo dimostrato che inoculando il tartarato di questa base nel mais, essa viene almeno in parte eliminata colla traspirazione per mezzo delle foglie, ma l' esperienze di quest' anno ci hanno insegnato che l' acido benzoico non subisce la stessa sorte. Doveva però apparire probabile che nelle piante vive avvenisse un' ossidazione più energica di quella determinata dagli enzimi che restano attivi anche nelle foglie morte. Così è di fatto perchè, come s' è visto, l' acido benzoico inoculato nel mais allo stato di benzoato, viene in gran parte ossidato; di 30,5 gr. inoculati, 21,6 gr.; e trasformato negli acidi propionico, acetico e formico. Se si calcola a quanto acido acetico, che rappresenterebbe all' ingrosso la media dei tre, corrisponde l' acidità proveniente dall' ossidazione di 21,6 gr. di acido benzoico, si trova gr. 31,86, cifra non molto distante dai 25 gr. trovati.

Analogamente all' acido benzoico si comportano i ciclochetoni che, essendo meno resistenti, vengono ossidati già dalla poltiglia di spinaci.

L' energico potere ossidante delle piante e massime di quelle vive, non deve essere determinato dalle solite ossidasi, ma più probabilmente da enzimi protoplasmatici insolubili nell' acqua e, a quanto sembra, anche nella glicerina.

Questi fatti confermano ciò che abbiamo detto in via di supposizione nella introduzione della nostra IX Memoria, cioè che le piante possiedono un mezzo assai efficace per eliminare i rifiuti organici; quello dall' ossidazione. E però se in alcune di esse si rinvengono quelle cosidette sostanze accessorie come i glucosidi, gli alcaloidi ecc. queste non possono essere riguardate esclusivamente come materie escrementizie, perchè alle piante non mancherebbero al caso mezzi per eliminarle.

Infine, vogliamo ricordare con gratitudine la collaborazione diligente che nell' esecuzione delle esperienze contenute in questa Memoria ci hanno prestato le signorine Dott. Angela Puricelli e Paolina Cicognari.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE

Reazione dell' amido sulle foglie delle piante che ricevettero i diversi trattamenti.

1 Campione.
2 Indolo.
3 Morfina.
4 Codeina.
5, 6 Cocaina.
7 Atropina (foglie intatte).
8 Atropina (foglie sofferenti).
9, 10, 11, 12 Teobromina in quattro diversi stadi di sviluppo fino all' appassimento.
13 Caffeina (foglie meno sofferenti).
14 Acido metilurico.
15 Acido urico
16 Stricnina

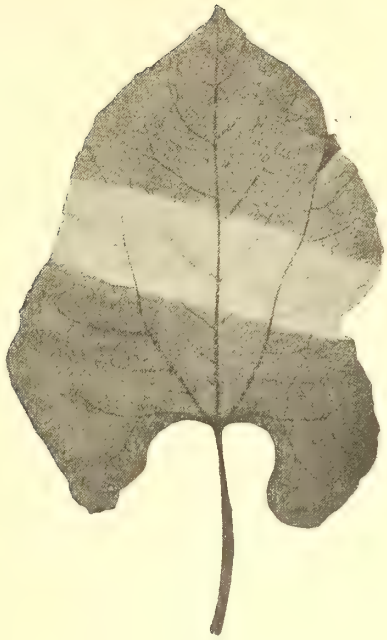


Fig. I

Fig. II

Fig. III

Fig. IV

Fig. V

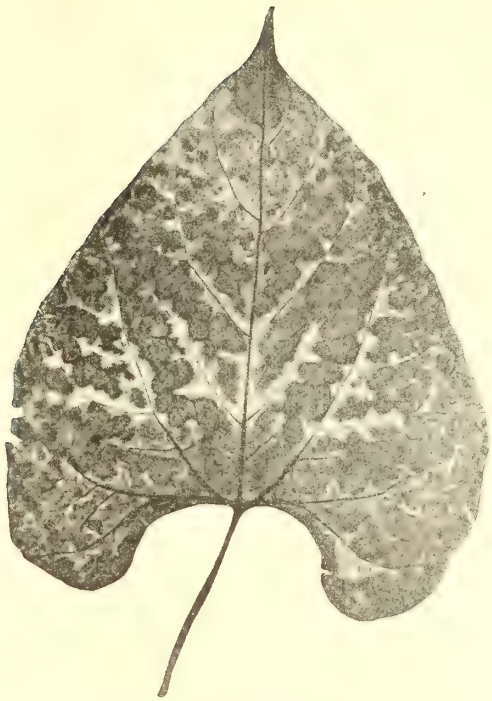


Fig. VI

Fig. VII

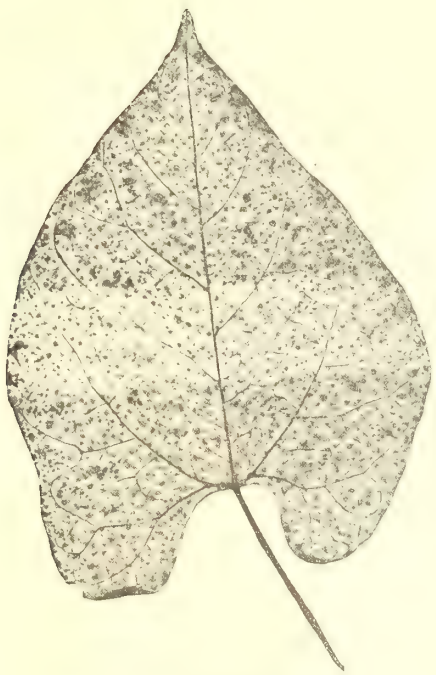


Fig. VIII

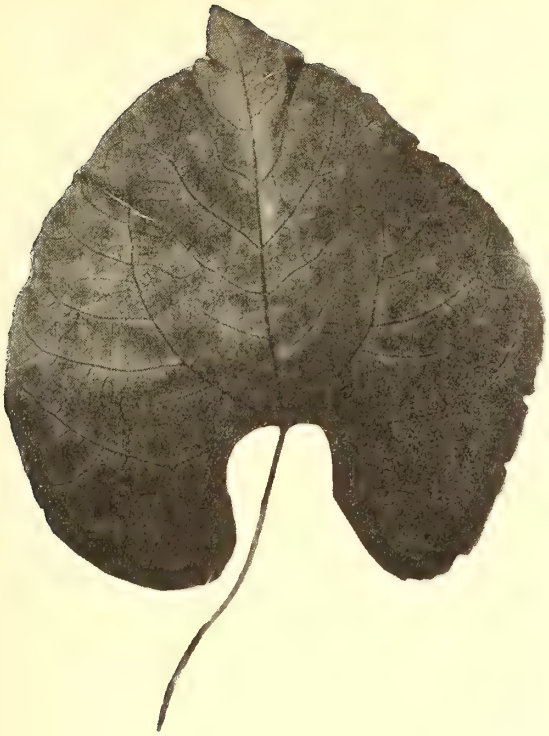


Fig. IX

Fig. X

Fig XI

Fig XII

Fig. XIII

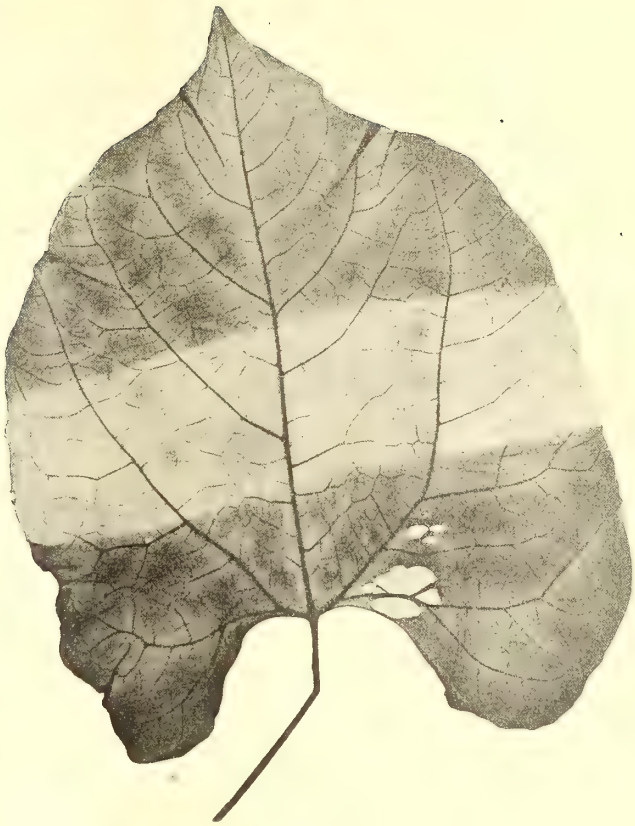


Fig. XIV

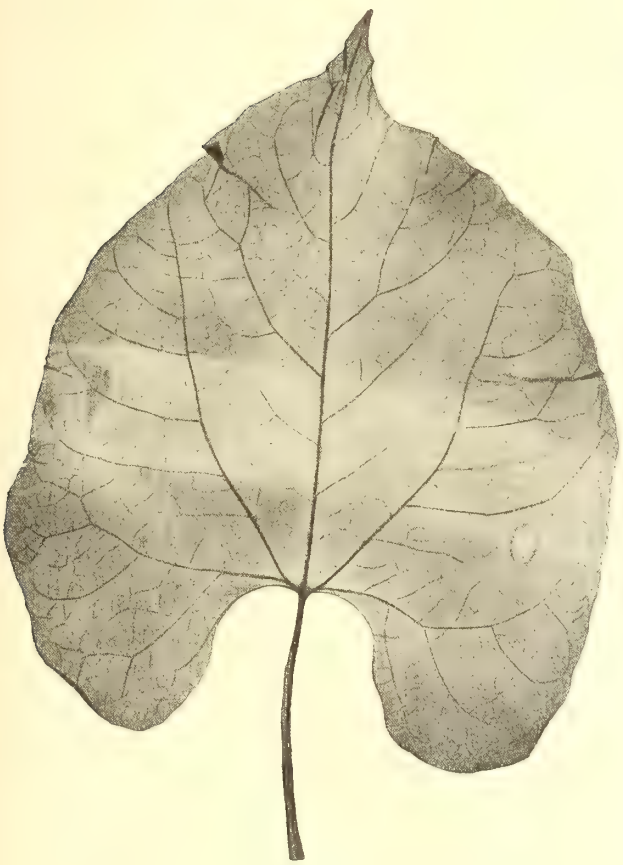


Fig. XV

Fig. XVI

L'ESPERIENZA DI MICHELSON E LA SUA INTERPRETAZIONE

MEMORIA

DEL

Prof. Sen. AUGUSTO RIGHI

letta nella Seduta del 12 Gennaio 1919

1). ***Introduzione.*** - A questa esperienza, che ha reso celebre il nome di chi la ideò, si diede giustamente grandissima importanza, perchè fu considerata come atta a mettere in evidenza una influenza del moto della terra sui fenomeni ottici che si producono alla superficie di questa. Il risultato che ottenne il Michelson, e tutti quelli che anche con mezzi perfezionatissimi ebbero a ripeterla, fu però sempre negativo. Si può dire tuttavia, che l'accordo sull'attendibilità della previsione teorica si mantenne unanime, per quanto il modo nel quale se ne rese conto abbia subìto successive rettifiche.

Come è noto l'apparato di Michelson considerato schematicamente consta di una lamina di vetro A_0C_0 (fig. 1) semiargentata su una delle sue faccie in guisa tale, che essa divida un raggio OA_0 che cada su di essa a 45° in due raggi aventi intensità sensibilmente uguali, uno dei quali riflesso secondo A_0B_1 e l'altro trasmesso secondo A_0B_2. Due specchi piani B_1, B_2, che chiameremo rispettivamente « primo » e « secondo » specchio, su cui cadono ad angolo retto, li rimandano in A_0, ove il primo raggio è in parte trasmesso, e il secondo riflesso, in modo che essi si ricongiungono insieme nella nuova direzione di propagazione B_1A_0, senza che fra essi si stabilisca veruna differenza di fase, se le distanze A_0B_1, A_0B_2, che indicheremo con l, sono fra loro eguali. Non è più così in generale se l'apparato è in movimento, per esempio pel fatto che esso partecipi al moto traslatorio della terra. In tal caso, dato che la traslazione abbia luogo secondo OX, il « secondo » (*) raggio per ricongiungersi al primo deve impiegare un tempo maggiore di prima. Infatti, esso non può raggiungere il « secondo » specchio B_2, che gli fugge davanti, che allorquando questo si è già

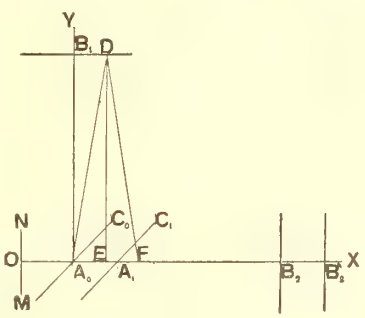


Fig. 1

(*) Per chiarezza designerò i due raggi, che l'apparecchio conduce ad interferire, colle seguenti denominazioni. Il raggio A_0DF costituito da quella porzione del raggio incidente OA_0 che si riflette in A_0 e poi su B_1 sarà sempre chiamato « primo raggio »; ed il raggio $OB_2\ldots$, che è costituito da quella porzione della luce incidente trasmessa in A_0 e, riflessa successivamente sul secondo specchio e poi sulla lamina inclinata, sarà detto « secondo raggio ».

spostato p. es. sino a B_2', e questo ritardo non è che in parte compensato dalla circostanza, che il raggio già riflesso sullo specchio B_2' cammina ora verso la lamina semiargentata, che incontra in A_1. I luoghi degli incontri si determinano evidentemente colle due eguaglianze dei tempi di percorso, cioè:

$$A_0B_2' : c = B_2B_2' : v, \quad (A_0B_2' + B_2'A_1) : c = A_0A_1 : v,$$

dalle quali si ricava:

$$A_0B_2' + B_2'A_1 = 2l : (1 - \rho^2),$$

chiamando ρ il rapporto fra le velocità v e c della traslazione e della luce; si ha quindi:

$$2l : (1 - \rho^2)\, c$$

per il tempo impiegato dalla luce a compiere quel tragitto.

Quanto al tempo impiegato nel suo percorso dall'altro raggio, si cominciò col supporre che tale percorso fosse semplicemente $A_0B_1A_0$ e quindi richiedesse il tempo $2l : c$. Ma questo errore fu presto additato dal Potier. S'intuisce infatti, che anche il « primo » raggio debba spostarsi in avanti, visto che esso ritorna ad incontrare la lastra inclinata. Si dovette dunque supporre, che in causa della traslazione il raggio riflesso dalla lamina A_0C_0, anzichè assumere la direzione A_0B_1, che prenderebbe se non vi fosse traslazione, prenda un'altra direzione A_0D, e dopo essersi riflesso su B_1 prenda una direzione DF. Indicando con $\vec{\varphi}$ l'angolo B_1A_0D, che verrà determinato più tardi, e con a le distanze A_0E ed EF, la strada che percorre la luce prima di incontrare OB_2 sarà $2\sqrt{a^2 + l^2}$, e sarà percorsa nel tempo $2\sqrt{a^2 + l^2} : c$. Occorre quindi fare qualche speciale ipotesi affinchè si possa valutarlo. Si è perciò ammesso, che il raggio DF arrivi in F sulla retta A_0X precisamente mentre arriva in questo punto il centro della lamina A_0C_0. Si suppone cioè: $2a : v = 2\sqrt{a^2 + l^2} : c$ da cui $2\sqrt{a^2 + l^2} = 2l : \sqrt{1 - \rho^2}$. Siccome poi si ha pure $\operatorname{tg}\vec{\varphi} = \dfrac{a}{\sqrt{a^2 + l^2}} = \rho$, o anche $\vec{\varphi} = \rho$ (trascurando, come si farà sempre in seguito, le potenze di ρ superiori alla seconda) tutto ciò equivale al supporre a priori che l'angolo $\vec{\varphi}$ sia eguale all'aberrazione.

Soltanto in epoca relativamente recente si è riconosciuta dai fisici l'opportunità di determinare $\vec{\varphi}$ ricorrendo al principio di Huygens. A questo mi sono strettamente attenuto, ed anzi *la validità di tutto quanto sarà esposto nel presente scritto è subordinata alla validità di detto principio*, al quale d'altronde non mi sembra possibile muovere qui veruna obbiezione. Come si vedrà più avanti il valore esatto dell'angolo $\vec{\varphi}$ è dato da $\operatorname{tg}\vec{\varphi} = \dfrac{\rho\,(2 - \rho)}{2\,(1 - \rho)}$, ossia $\vec{\varphi} = \rho + \dfrac{\rho^2}{2}$, trascurando le potenze di ρ superiori alla seconda (*). Per identificare questo valore con quello

(*) D'ora in avanti si trascureranno sempre i termini contenenti potenze di ρ superiori alla seconda. A scanso di equivoci porrò spesso una lineetta orizzontale sopra ogni quantità (φ nel caso dell'ultima formola) valutata con questo grado di approssimazione.

finora generalmente ammesso bisognerebbe trascurare ρ^2, ciò che non è lecito fare. Ma Michelson e Morley, pur avendo riconosciuto (1) il giusto valore dell'angolo $\vec{\varphi}$ hanno continuato a ritenerlo eguale a ρ.

I tempi t_1 e t_2 impiegati dalla luce per andare da A_0 ad F secondo le due separate vie, calcolati nell'ipotesi di $\vec{\varphi} = \rho$, e supponendo non eguali le distanze $A_0B_1 = l_1$ ed $A_0B_2 = l_2$, sono dunque: $t_1 = 2l_1 : \sqrt{1 - \rho_2} \cdot c$ e $t_2 = 2l_2 : (1 - \rho^2) \cdot c$, od anche $\bar{t}_1 = \frac{2l_1}{c}\left(1 + \frac{1}{2}\rho^2\right)$, $\bar{t}_2 = \frac{2l_2}{c}(1 + \rho^2)$. Perciò quando $l_1 = l_2$ esiste fra i due fasci interferenti una differenza di fase corrispondente ad un maggior cammino $l\rho^2$ del secondo fascio. Dovranno dunque apparire delle frangie; e queste dovranno spostarsi, o più precisamente il fenomeno dovrà mutarsi in uno ad esso simmetrico, se la traslazione ha luogo secondo A_0Y invece che secondo A_0X, ciò che si realizza facilmente facendo compiere all'apparecchio una rotazione di 90°.

L'interesse supremo di questa esperienza consiste appunto nel non essere mai stato constatato questo spostamento di frangie.

Per rendere conto di questo risultato si sono battute due diverse vie. Durante una conversazione fra Fitzgerald e Lodge (come racconta quest'ultimo) sorse l'ipotesi della contrazione longitudinale dei corpi che si muovono attraverso l'etere, la quale indipendentemente fu più nettamente enunciata da Lorentz. Che tale ipotesi a tanto valga si vede subito, perchè basta cambiare l_2 in $l_1\sqrt{1 - \rho^2}$ nei precedenti valori dei tempi per renderli eguali. A primo aspetto quest'ardita ipotesi appare strana; ma tale cessa di essere per chi ritiene, secondo l'attuale general tendenza, che le forze molecolari, compresa la coesione, siano di natura elettrica. La spiegazione basata su questa ipotesi suol essere preferita a quella che sgorga naturalmente dal principio della Relatività, da parte di coloro, ai quali la lunga consuetudine del metodo sperimentale ha infuso una certa diffidenza verso tutto ciò che, confinando più o meno colla metafisica, minaccia di far perder contatto col mondo reale o con ciò che si è costretti ad ammettere come tale. Tuttavia è giusto riconoscere, che la Teoria della Relatività, dapprima semplice generalizzazione del principio del moto relativo, ha acquistato già e sempre più va acquistando un considerevole sviluppo, e rimarrà sempre a testimoniare dell'acume di chi ha saputo crearla.

Ammettendo per $\vec{\varphi}$ il valore dato da $\mathrm{tg}\,\vec{\varphi} = \frac{\rho(2 - \rho)}{2(1 - \rho)}$ si arriva a questa notevolissima conseguenza, e cioè che i due raggi luminosi, che la lastra A_0C_0 ricava dal raggio incidente OA_0, non coincidono fra loro uscendo dall'appareochio, come invece avviene quando non v'è traslazione di esso. Infatti il primo raggio segue la via $A_0DF = 2l\sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\vec{\varphi}}$, ossia $2l + l\rho^2$ trascurando le potenze di ρ superiori alla seconda. Il tempo impiegato dalla luce per andare da A_0 a F è dunque $(2l + l\rho^2) : c$. Durante questo tempo la lastra, colla sua velocità v, va da A_0 ad A_1, essendo

(1) Phil. Mag. t. XXIV, p. 459 (1887).

$A_0A_1 = v\,(2l + l\rho^2) : c$, ossia $\overline{A_0A_1} = 2l\rho$; per cui $A_0F = A_0A_1 + l\rho^2$, essendo infatti $A_0F = 2l\,tg\,\varphi$ ossia $\overline{A_0F} = 2l\rho + l\rho^2$. Dunque nell'istante in cui il raggio riflesso DF taglia la retta OB_2, la lastra inclinata non è ancora arrivata in F, per cui il secondo raggio, quello cioè riflesso prima dal secondo specchio poi sulla lastra, uon può certamente sovrapporsi a DF. Vedremo inoltre più tardi, che i due raggi emergenti hanno direzioni differenti fra loro. Diviene per tal modo incerta la valutazione della loro differenza di fase.

Qui sta forse la ragione per cui molti fisici hanno ripreso in esame la teoria dell'esperienza di Michelson. È infatti ricchissima la letteratura su tale argomento, e troppo a lungo porterebbe una, anche rapida, rassegna ; giova però qualche accenno ad alcune pubblicazioni, che presentano particolari punti interessanti.

Una di queste si deve a Sutherland (1). Questo autore, forse appunto per girare la difficoltà poc'anzi accennata, adottò un metodo di trattazione, che è poi press' a poco quello da me impiegato nella presente Memoria. Anzichè seguire i due fasci interferenti durante la loro propagazione, egli in certo modo li esamina a ritroso, per giungere a determinare le due imagini virtuali coniugate della sorgente luminosa, che sono fornite dall'apparecchio. Si può assumere come sorgente una superficie piana perpendicolare ad OX, o meglio una qualunque delle superficie d'onda in una posizione qualunque, come per esempio MN. Praticamente s'impiega una sorgente puntiforme posta nel fuoco di una lente convergente avente il suo asse disposto secondo OB_2. L'effetto dato dall'apparecchio si riduce a quello dovuto a quelle due imagini, che si comportano come sorgenti luminose coniugate. Tale effetto naturalmente dipende dall'angolo compreso fra i piani di di quelle imagini, generalmente non paralleli, non chè dalle distanze di esse dall'osservatore, che guarda il fenomeno per esempio ricevendo la luce in un cannocchiale, o altrimenti. Al metodo di Sutherland somiglia alquanto a quello di Mann (2), come pure una delle due spiegazioni esposte da Cunningham (3) destinata a rendere più soddisfacente l'usuale modo di dimostrare la previsione di Michelson.

Profondamente diverso è invece il metodo seguito da Hicks (4), in quanto che questo autore prende a considerare le creste delle successive onde (o di onde equidistanti in eguali fasi) che si propagano fra i tre riflettori, quali esse debbono apparire ad un osservatore immobile nell'etere. Ciò che caratterizza questa trattazione, se non l'essere facilmente comprensibile sino da una prima lettura, è la sua grandissima generalità ; perchè vi si suppone l'apparecchio non ben regolato, in modo cioè che non siano di 45° gli angoli della lamina A_0C_0 coi due specchi, nè di 90° l'angolo fra questi compreso. Un caso singolarissimo si connette a questa pubblicazione. Hicks pervenne

(1) Phil. Mag. t. XLV, p. 23, 1898.

(2) *Manual of advanced optics*, Chicago 1902.

(3) *The principle of relativity*, Cambridge 1914. *Relativity and the electron theory.* Longmans, Green & C. London. — Per una svista (p. 20) l'angolo di riflessione non varierebbe di grandezza invertendo la traslazione.

(4) Phil. Mag. t. IX, p. 9 (1905).

a questa inaspettata conclusione, che per ispiegare il non prodursi del pronosticato spostamento di frangie occorre ammettere una dilatazione dei corpi nel senso del movimento anzichè una contrazione. Ma non stette molto l'autore a spiegare, che si trattava d'una svista, che gli era stata segnalata in ritardo (1). Avendo poi recentemente Morley e Miller (2) ripresa quella trattazione con minore generalità ma con semplicità maggiore, essi hanno concluso, dopo chiariti certi punti rimasti dubbiosi, che la loro teoria del 1887 era corretta sino ai limiti di approssimazione adottati (?).

Non è dunque senza qualche esitazione, che il parere favorevole di due eminentissimi colleghi mi ha fatto superare, che dò alla presente Memoria la consueta diffusione, in quanto chè in essa enuncio un risultato, che contraddice nettamente ad una previsione, che fu sempre da tutti considerata come sicurissima.

Riflettendo a ciò che si può prevedere coll'attribuire a $\vec{\varphi}$ il suo giusto valore calcolato mediante il principio di Huygens, cioè $\rho + \frac{1}{2}\rho^2$, tenendo così conto del fatto che i due raggi interferenti non escono dall'apparecchio sovrapposti e neppure paralleli, nacque in me il sospetto, che anche unicamente per questo dovessero formarsi delle frangie. Esisterebbe così una duplice causa di produzione di frangie; ed ebbi l'intuizione, che gli effetti prodotti dalla rotazione di 90° sulle dette due cause fossero tali da compensarsi a vicenda. Questo è precisamente il risultato al quale sono pervenuto.

Mentre dunque la previsione formulata da Michelson e fino al dì d'oggi ammessa da tutti, che: *si deve osservare uno spostamento di frangie passando dal caso in cui la traslazione terrestre si compie parallelamente alla direzione della luce incidente, a quello in cui detta traslazione ha luogo in direzione trasversale*, il risultato da me ottenuto è invece questo: che *non deve affatto mutare il fenomeno di interferenza passando dall'una all'altra di quelle due orientazioni*. È qui sottointeso, che l'angolo fra i due specchi sia esattamente di 90°, e quelli della lastra inclinata con detti specchi siano esattamente di 45°.

Evidentemente, se questo si fosse saputo prima del 1887 non si sarebbe forse ideata l'esperienza di Michelson, per cui sarebbe probabilmente mancata l'occasione di pensare alla relatività e alla contrazione.

Non solo non è facil cosa orientare rigorosamente specchi e lastra nel modo voluto, ma d'ordinario si cerca che quegli angoli non abbiano esattamente i valori supposti, perchè altrimenti non appaiono frangie abbastanza nette e vicine fra loro, perchè sia possibile constatarne l'eventuale spostamento. Inoltre è bene sin da ora avvertire, che alcuni fisici fecero coll'apparecchio di Michelson certe constatazioni, in base alle quali si è sempre costretti o ad ammettere il principio di relatività oppure la contrazione dei corpi in moto, se si vuol render conto dei fatti asseriti, come sarà più ampiamente spiegato in altro paragrafo. Quindi il Lettore non deve credere, che quanto si

---

(1) *Nature*, February 13, 1902.
(2) Phil. Mag. t. IX, p. 680.

espone qui costituisca una obbiezione al modo di vedere oggi generalmente ammesso nella Fisica in rapporto alle conseguenze ricavate dalla celebre esperienza.

Il metodo al quale mi sono attenuto è il seguente. Assunta un'onda piana MN (fig. 1) come sorgente, determino le sue due imagini coniugate fornite, una dalla luce che si riflette prima su A_0C_0 poi su B_1, l'altra dalla luce riflessa prima su B_2 e poi sulla lamina inclinata. Quelle due imagini risultano non parallele, nè parallele alla direzione della luce incidente, come lo sarebbero invece se mancasse la traslazione. Esse si comportano quindi come le due imagini fornite per riflessione dalle due faccie di una lamina a faccie non parallele, e solo per questo devono dar luogo alla formazione di frangie.

2). ***Riflessione sopra uno specchio in movimento.*** - Dovendo determinare per mezzo del principio di Huygens in numerosi casi speciali la direzione che assume il raggio riflesso, allorchè lo specchio è in moto secondo una determinata direzione, era comodo preparare una formola dotata della massima generalità. Non mi consta che una simile formola sia stata da altri stabilita; ecco ad ogni modo come l'ho ottenuta.

Sia Z_0 (fig. 2) lo specchio piano (o più precisamente la traccia sua sul piano di figura assunto parallelo tanto alla direzione dei raggi luminosi quanto alle direzioni A_0X ed A_0Y (fig. 1) che si attribuiranno poi alla traslazione). Si supporranno definite le direzioni delle rette più importanti per mezzo dell'angolo di cui occorre girare la retta OX verso sinistra per raggiungerle. Così, la direzione della luce incidente A_0OP sarà definita dall'angolo $XOP = \alpha$, e quella della normale ON allo specchio (dalla parte della faccia riflettente) dall'angolo $XON = \beta$. Sia OB_1B_2 un'onda incidente, che tocca in O lo specchio.

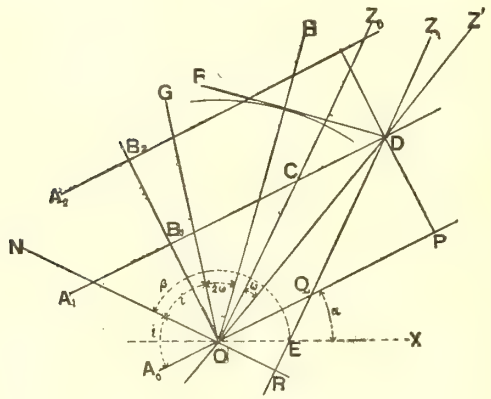


Fig. 2

Il punto B_1 della stessa onda toccherebbe lo specchio Z_0 più tardi in C, se questo non si spostasse; ma se si sposta per esempio nel senso OX, lo toccherà invece in un punto D tale, che il tempo impiegato dallo specchio a spostarsi da O ad E sia eguale a quello impiegato dalla luce per percorrere il cammino B_1D. Cioè si deve avere: $OE : v = B_1D : c$, dicendo v e c le due velocità dello specchio e della luce. Se quindi s'imagina la sfera di centro O e di raggio B_1D, e si conduce il piano FD ad essa tangente e passante per D, questo piano sarà un'onda riflessa in virtù del principio di Huygens, e tutte le altre onde riflesse ottenute considerando gli altri punti come B_2 dell'onda incidente risulteranno parallele ad FD. La retta OH ad esse perpendicolare sarà il raggio riflesso corrispondente al raggio incidente A_0O. Si vede così, cosa questa del resto da tempo nota, che lo specchio in moto si comporta come uno specchio fisso ODZ', inclinato su Z_0 di un angolo $Z_0OZ' = \omega$. Evidentemente, se lo specchio non si spostasse, il raggio riflesso sarebbe OG e non OH, e l'angolo GOH è uguale a 2ω per una ben nota proprietà. Fin qui si tratta di cose conosciute; ma bisogna andare avanti e stabilire una formola che dia ω in funzione delle diverse variabili.

Dai triangoli ORE, ORQ si ricava $OE = OQ \cdot \cos(\alpha - \beta) : \cos\beta$. D'altra parte dai triangoli OPD, QPD si ricava

$$\frac{\operatorname{tg} QDP}{\operatorname{tg} ODP} = (OP - OQ) : OP;$$

e siccome

$$QDP = ROQ = 180° + \alpha - \beta, \quad ODP = QDP + \omega = 180° + \alpha - \beta + \omega,$$

si trova

$$\operatorname{tg}(180° + \alpha - \beta) : \operatorname{tg}(180° + \alpha - \beta + \omega) = (B_1D - OQ) : B_1D,$$

o anche:

$$\operatorname{tg}(\alpha - \beta) : \operatorname{tg}(\alpha - \beta + \omega) = (B_1D - OQ) : B_1D.$$

Da questa eguaglianza e da quella scritta per prima, cioè $OE : v = B_1D : c$, si ricava:

$$(1) \qquad \operatorname{tg}\omega = \frac{\rho\cos\beta\,\operatorname{sen}(\alpha - \beta)}{1 - \rho\cos\beta\cos(\alpha - \beta)}.$$

Come si vede, l'angolo ω cambia di segno e di valore assoluto quando si cambi segno a v ossia a ρ, contrariamente a quanto fu da qualcuno asserito. Così in particolare il valore di ω pel raggio OA_0, che si riflette sulla lastra a 45° A_0C_0, è diverso da quello che spetta al raggio di ritorno B_2A_1, che si riflette sulla stessa lamina nella nuova posizione A_1C_1 che occupa allora, d'onde la conseguenza, che i due raggi scissi in A_0 non hanno uscendo dall'apparecchio una comune direzione.

La formola (1) è comoda per lo scopo in vista; però a primo aspetto non lascia comprendere se l'angolo di riflessione corrispondente alla incidenza i debba considerarsi come eguale ad $i + 2\omega$ oppure ad $i - 2\omega$. Ma è facile riconoscere che, se quella delle due faccie della lamina, che precede l'altra durante la traslazione, è quella su cui avviene la riflessione (nel qual caso $\cos\beta$ è positivo) si ha $i' = i - 2\omega$. Quando invece $\cos\beta < 0$ allora $i' = i + 2\omega$.

La cosa è anche più evidente, se si mette la formola sotto altro aspetto, che la rende inoltre più semplice e più simmetrica. Basta perciò considerare, che dalla figura 2 si desume $\beta - \alpha = 180° - i$, e quindi $\operatorname{sen}(\alpha - \beta) = -\operatorname{sen} i$, $\cos(\alpha - \beta) = -\cos i$. Sostituendo, con facili trasformazioni si ottiene:

$$(2) \qquad \operatorname{tg}\frac{i'}{2}(1 + \rho\cos\beta) = \operatorname{tg}\frac{i}{2}(1 - \rho\cos\beta),$$

in cui $i' = i + 2\omega$ è l'angolo di riflessione. Si può dire che questa formola esprime « la legge di riflessione sopra uno specchio in moto ». Si riduce ad $i' = i$ quando $\rho = 0$.

3). ***Traslazione parallela alla luce incidente.*** - Determiniamo ora le imagini coniugate pei due casi principali, cominciando da quello in cui il moto traslatorio ha luogo nella direzione OX (fig. 1).

Sia MN (fig. 3) un'onda incidente, O il centro di essa, chiamando così il punto in cui essa è incontrata dalla retta OX che passa pel centro della lamina semiargentata e pel centro del « secondo » specchio B_2. Quando l'onda investe la lamina, questa la scinde in due parti (di intensità poco differenti in grazia dell'opportuno spessore della argentatura). Seguiamo dapprima quella che si riflette su A_0C_0 e poi su B_1. Per semplicità si potrà ragionare sul raggio OA_0 partente da O, e trovare l'imagine di questo punto prodotta dalle due riflessioni; dopo di che, se si vuole l'imagine del piano MN basterà conoscere la sua orientazione, sapendosi già che essa deve passare per l'imagine di O.

Il raggio A_0O_0 (fig. 3) si riflette sulla lamina, mentre questa si è già spostata sino ad A_1C_1, e questa posizione è determinata dall'essere uguale il tempo impiegato dalla luce a percorrere la distanza OA_1 a quello impiegato dalla lamina a spostarsi da A_0 ad A_1. Si ha dunque $OA_1 : c = A_0A_1 : v$, ossia chiamando a la distanza OA_0, $(a + A_0A_1) : c = A_0A_1 : v$, da cui $A_0A_1 = a\rho : (1 - \rho)$ ed $OA_1 = a(1 - \rho)$.

Al raggio incidente OA_1 non corrisponde come raggio riflesso una retta parallela ad A_0B_1, ciò che accadrebbe se non vi fosse traslazione. Infatti la lamina A_1C_1 si comporterà come uno specchio piano A_1C' inclinato su A_1C_1 di un angolo, che chiameremo ω_1, che è il valore fornito dalla (1) quando si introducono in questa formola i valori del caso, cioè $\beta = 90° + 45°$, $\alpha = 0$. Si trova $\operatorname{tg}\omega_1 = \rho : (2 - \rho)$. In virtù di questa riflessione si ha un imagine virtuale di O, che si trova in D punto simmetrico ad O rispetto al piano A_1C'.

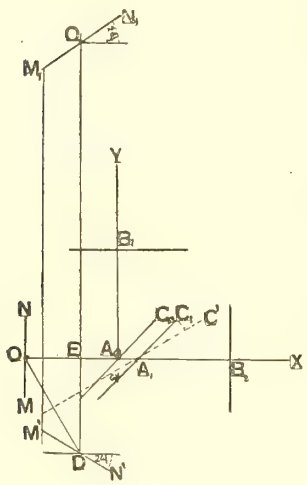


Fig. 3

Nella riflessione su B_1 il moto traslatorio non ha influenza, giacchè in questo caso $\beta = -90°$ e quindi $\omega = 0$. Perciò il punto O_1 simmetrico a D rispetto al piano B_1 sarà l'imagine di $O \cdot E$ l'imagine finale di MN sarà M_1N_1 passante per O ed inclinata dell'angolo $2\omega_1$; perchè, se non vi fosse traslazione la prima imagine sarebbe parallela ad OX, ed è invece la $M'N'$ inclinata dell'angolo $2\omega_1$, mentre l'imagine finale M_1N_1 è simmetrica ad $M'N'$ rispetto a B_1. Dunque la luce riflessa successivamente sulla lamina a 45° e sullo specchio B_1 si comporta come se provenisse dall'avanzarsi verso l'osservatore dell'onda piana M_1N_1.

Per ciò che segue è necessario conoscere le coordinate dell'imagine O_1 rispetto a due assi, e sceglieremo per questo ufficio le rette A_0X ed A_0Y. Alcune facili considerazioni fatte sulla figura permettono di calcolarle. Si vede infatti subito, che

$OD = 2 \cdot OA_1 \operatorname{sen}(45° - \omega_1)$, $OE = OD \operatorname{sen}(45° - \omega_1)$, $DE = OD \cos(45° - \omega_1)$, $EO_1 = 2l + ED$, ponendo $l = A_0B_1 = A_0B_2$. Siccome poi la posizione iniziale dell'onda MN può essere qualunque, così per semplicità supporremo $a = 0$, cioè detta onda collocata là ove il suo centro O coincide con A_0. In tal caso OE ed EO_1 divengono le coordinate x_1, y_1, di O_1 rispetto ai due assi prescelti, e con facili riduzioni si trova:

$$x_1 = 0, \quad y_1 = 2l. \tag{3}$$

A queste equazioni ne uniremo un'altra, cioè:

$$\overline{\varphi}_1 = \rho + \frac{1}{2}\rho^2 \tag{4}$$

la quale indica il valore dell'angolo che fa l'imagine M_1N_1 coll'asse A_0X. Sviluppando $2\omega_1$ in serie e conservando solo le prime due potenze di ρ si trova appunto il precedente valore.

Coll'aiuto della figura 4 si troverà la « seconda » imagine dell'onda MN (considerata come sorgente luminosa) dovuta alle riflessioni prima su B_2 poi sulla lamina inclinata.

La prima di queste riflessioni ha luogo quando il secondo specchio è giunto in B_1', dato che si abbia: $OB_2' : c = B_2B_2' : v$, ossia $(a + l + B_2B_2') : c = B_2B_2' : v$, da cui si trae $B_2B_2' = (a + l)\,\rho : (1 - \rho)$, e poi $OB_2' = (a + l) : (1 - \rho)$. Per questa riflessione si ha $\omega = 0$, perchè tale è il valore che fornisce la formola (1) quando, come è qui il caso, si ha: $\alpha = 0°$ e $\beta = -180°$. Perciò, se si prende $B_2'D = OB_2'$ sarà D l'imagine virtuale di O.

Il raggio OB_2' dopo essersi riflesso incontra retrocedendo la lamina semiargentata, che intanto si sarà spostata sino ad A_2C_2. Questa riflessione sulla lamina in moto avviene come se questa fosse fissa, ma inclinata rispetto ad A_2C_2 di un certo angolo ω_2 come mostra la figura. Quindi l'imagine finale sarà nel punto O_2 simetrico a D rispetto al piano A_2C'. Per calcolare le coordinate di O_2 occorre anzitutto determinare la posizione occupata da quest'ultimo piano. Vi si giunge, per esempio, ragionando come segue. Mentre la luce si è propagata da O a B_2' ed il secondo specchio si è spostato da B_2 a B_2', la lamina A_0C_0 si sarà spostata sino in A_1C_1, essendo A_1 tale da aversi $A_0A_1 = B_2B_2'$. Poi, durante il tempo impiegato dal raggio riflesso sopra B_2' a percorrere la distanza da B_2' alla lamina, questa avrà dovuto ulteriormente muoversi lungo il tratto A_1A_2 tale che sia $B_2'A_2 : c = A_1A_2 : v$, ossia $(l - A_1A_2) : c = A_1A_2 : v$, da cui $A_1A_2 = l\rho : (1 + \rho)$ e quindi $A_1B_2' = A_1B_2' - A_1A_2 = l : 1 + \rho)$.

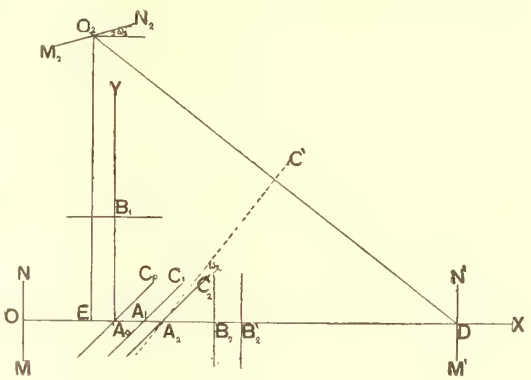


Fig. 4

E siccome $OB_2' = a + l + B_2B_2' = (a + l) : (1 - \rho)$ si ha pure: $A_2D = A_2B_2' + OB_2' = \dfrac{2l}{1 - \rho^2} + \dfrac{a}{1 + \rho}$,

Da considerazioni geometriche analoghe a quelle fatte sulla figura 3, e tenuto conto che l'angolo O_2DO è eguale a $45° - \omega_2$ si trova $OE = \dfrac{2\,(a + l}{1 + \rho} - \left(\dfrac{a + l}{1 - \rho} - \dfrac{l}{1 + \rho}\right)$ $(1 - \operatorname{sen} 2\omega_2)$, $O_2E = \left(\dfrac{a + l}{1 - \rho} + \dfrac{l}{1 + \rho}\right) \cos 2\omega_2$. E supponendo anche qui per semplicità $a = 0$, e chiamando x_2, y_2 le coordinate di O_2 rispetto agli assi A_0X, A_0Y,

x_2 si identifica con OE, y_2 con EO_2, e si ha quindi:

$$x_2 = \frac{2l\rho}{1-\rho^2} + \frac{2l}{1-\rho^2}\operatorname{sen} 2\omega_2, \qquad y_2 = \frac{2l}{1-\rho^2}\cos 2\omega_2.$$

Giunti a questo punto, quando si trattava dell' imagine O_1 della fig. 3 il calcolo era finito; qui occorre ancora mettere al posto di ω_2 il suo valore, che si ricava dalla formola (1) ponendovi $\alpha = -180°$, $\beta = -45°$, e cioè: $\operatorname{tg}\omega_2 = \frac{\rho}{2+\rho}$ in valore assoluto. Si trova quindi: $x_2 = 2l\frac{\rho^2}{2-\rho^2-\rho^3}$, $y_2 = \frac{4l}{2-\rho^2-\rho^3}$. Sviluppando in serie secondo le potenze di ρ e trascurando quelle di ordine superiore al secondo si ha finalmente:

(5) $$\bar{x}_2 = l\rho^2, \qquad \bar{y}_2 = 2l + l\rho^2.$$

L' imagine M_2N_2 del piano MN rimane così completamente determinata, in quanto che essa passa per O_2 ed è inclinata di $2\omega_2$ come mostra la figura. Per uniformità indicheremo con $\bar{\varphi}_2$ questa inclinazione, che al solito grado di approssimazione risulta essere:

(6) $$\bar{\varphi}_2 = \rho - \frac{1}{2}\rho^2.$$

La considerazione seguente permette di render conto in modo semplicissimo del fenomeno ottico dovuto all' interferenza delle onde, che da M_1N_1 (fig. 3) e da M_2N_2 (fig. 4) si avanzano verso l' osservatore. Nella fig. 5 si sono disegnate le traccie M_1N_1, M_2N_2 sul piano di figura di quelle due imagini coniugate. Si segni ora sulla figura la retta L_1 bisettrice dell' angolo compreso fra M_1N_1 ed A_0X, e la retta L_2 che divide in parti eguali l' angolo compreso fra M_2N_2 ed A_0X. Se ora si considerano L_1 ed L_2 come le traccie sul piano di figura delle due faccie di una lamina trasparente (la cui sezione trasversale è stata tratteggiata per farla meglio risaltare), i piani M_1N_1 ed M_2N_2 divengono le imagini del piano A_0X prodotte per riflessione rispettivameute sulle due faccie L_1 ed L_2 della lamina. Quindi si possono considerare i due treni d' onde interferenti come provenienti da un' onda A_0X propagantesi nel senso A_0Y, che poi si riflette sulle faccie L_1 ed L_2. Ben inteso, si trascura la rifrazione che subirebbero le onde attraverso L_1 se quella lamina fosse una lamina reale. L'effetto dell' apparecchio di Michelson s' identifica così con quello che darebbe la lamina L_1L_2, che si potrà qnindi chiamare « lamina equivalente ». È chiaro che l' angolo compreso fra le due faccie della lamina equivalente è $\frac{1}{2}(\bar{\varphi}_1 - \bar{\varphi}_2) = \frac{1}{2}\rho^2$, e che le inclinazioni delle normali alle due faccie L_1 ed L_2 sull' asse A_0Y sono rispettivamente ω_1 ed ω_2, ossia $\frac{1}{2}\rho + \frac{1}{4}\rho^2$ ed $\frac{1}{2}\rho - \frac{1}{4}\rho^2$.

Naturalmente la lamina ideale L_1L_2 non dà quelle riflessioni multiple, di cui bisognerebbe tener conto nel caso di una vera lamina trasparente.

Onde non incorrere in malintesi è necessario notare, che due punti delle imagini coniugate M_1N_1, M_2N_2 corrispondenti ad un medesimo punto dell' onda incidente MN (fig. 1), come per esempio i punti O_1 ed O_2, non sono imagini di un medesimo punto dell' onda, che si imagina giungere dal basso all' alto sulla lamina « equivalente ». Infatti abbassando da O_1 la perpendicolare O_1P_1 ad L_1 e da O_2 la perpendicolare O_2P_2 ad L_2 si vede, che O_1, O_2 sono imagini di due diversi punti P_1, P_2 dell' onda piana A_0X. Ciò non toglie validità a quanto si è esposto, qualora la superficie piana MN (fig. 1) presa come sorgente luminosa sia, come appunto si è supposto, una superficie d' onda realizzata mediante una sorgente puntiforme collocata nel fuoco d' una lente convergente ; ma non sarebbe così, se si prendesse come sorgente una larga superficie luminosa MN. Se così fosse si cadrebbe nelle condizioni delle così dette frangie localizzate, visibili più o meoo nettamente secondo che sono più o meno completamente soddisfatte certe condizioni note. Ma nel caso supposto, cioè della sorgente puntiforme, tutti i punti di una stessa onda MN (fig. 1), oppure M_1N_1 (fig. 5), oppure M_2N_2 od anche dell' ipotetica onda A_0X, hanno identiche fasi, e si potrà osservare l' interferenza con cannocchiale puntato all' infinito, nel modo seguente.

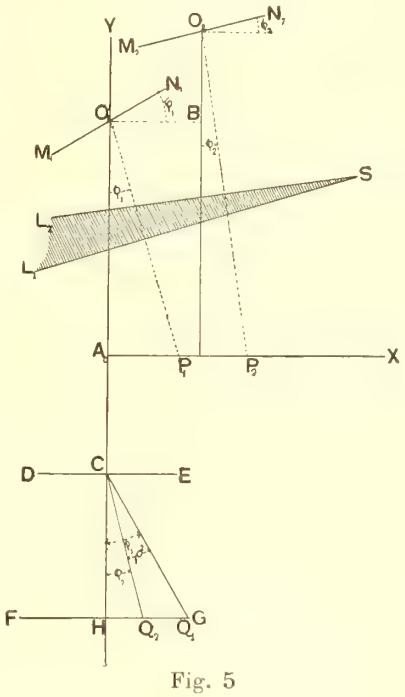


Fig. 5

Si supponga che l' asse del cannocchiale giaccia secondo A_0Y, come sarebbe naturalmente il caso se non vi fosse la traslazione terrestre ; e non v' è motivo di spostarlo, stante l' estrema esiguità dell' effetto che questa produce. Sia DE l'obbiettivo del cannocchiale, C il centro ottico, FG il piano focale principale. L'onda M_1N_1 propagandosi fin entro il cannocchiale andrà a formare una imagine Q_1, che evidentemente si determina conducendo da C una retta CQ_1 diretta perpendicolarmente ad M_1N_1, e che fa quindi con YH un angolo φ_1. Del pari l' onda M_2N_2 produrrà una imagine coniugata alla precedente in Q_2, essendo l' angolo HCQ_2 eguale a φ_2. Le frangie, che appariranno nel campo dell' oculare, saranno quelle dovute alle due imagini coniugate Q_1 e Q_2. E queste saranno rette luminose parallele fra loro e perpendicolari al piano di figura, se, come di consueto, si prenderà come primitiva sorgente una fenditura o altra sorgente lineare anzichè un punto. Come si vede, l' effetto ottenuto è assai simile a quello che danno tanti altri apparecchi d' interferenza, per esempio gli specchi di Fresnel.

Senonchè nel caso attuale le due sorgenti coniugate Q_1, Q_2 non son poste simmetricamente, e, ciò che ha maggior importanza, esiste fra esse una differenza di fase commisurata al maggior cammino $l\rho^2 = y_2 - y_1$ della luce proveniente dalla onda M_2N_2. A rigore questo valore $l\rho^2$ sarebbe esatto se le due onde M_1N_1 ed M_2N_2 non fossero inclinate, cioè se gli angoli φ_1 e φ_2 fossero nulli. Ma si scorge facilmente che, nei limiti di approssimazione adottati, il detto valore rimane invariato.

Per l' estrema piccolezza di ρ^2 le frangie riusciranno assai lontane una dall'altra, e quella centrale si troverà alla destra e a grande distanza dal centro del campo dell' oculare ; anzi praticamente apparirà un chiarore sensibilmente uniforme. Saranno invece visibili ed utilizzabili allo scopo dell' esperienza, se gli specchi non saranno ben esattamente orientati, o se, dopo averli disposti nel modo indicato, se ne inclinerà uno in modo conveniente.

4). ***Traslazione trasversale rispetto al fascio incidente.*** - È necessario adesso determinare le due imagini coniugate di un' onda incidente MN per l' altro caso principale, quello cioè del moto diretto parallelamente all' asse A_0Y, ossia trasversalmente rispetto alla direzione della luce incidente, per esempio da B_1 verso A_0 (fig. 1). Siccome i calcoli relativi al caso attuale sono meno semplici dei precedenti, così per evitare inutili complicazioni supporrò sino dal principio $\alpha = 0$, cioè il punto centrale dell' onda assunta quale sorgente collocato in A_0 (fig. 6). Seguiamo dapprima la luce che si riflette su A_0C_0 e sullo specchio B_1.

Se la lamina A_0C_0 fosse immobile un raggio che ad essa pervenisse nella direzione OA_0 si rifletterebbe secondo A_0B_1; ma in causa del movimento la lamina si comporta come uno specchio A_0C' formante con A_0C_0 un angolo, che risulta essere precisamente ω_1. Infatti ponendo $\alpha = 90°$ e $\beta = 180° + 45°$ nella (1) essa dà $\operatorname{tg}\omega = \rho : (2 - \rho)$. Quindi i raggi riflessi in A_0C_0 (e quindi ancora le onde riflesse verso B_1) si propagano secondo una direzione A_0Q, che forma con A_0B_1 un angolo $2\omega_1$. Accade su B_1 la seconda riflessione, per la quale (a differenza di quanto accadeva nel caso della figura 3), occorre far uso ancora della formola (1). Di più il raggio A_0Q incontra lo specchio, non quando questo è in B_1, ma in B_1', ove esso è pervenuto nel tempo durante il quale la luce si è propagata da A_0 a Q. Si ha cioè $A_0Q : c = PQ : v$, e lo specchio stesso si comporta come se fosse immobile, ed orientato secondo QF, che forma con AX_0 un angolo σ, se così si indica il valore fornito pel caso attuale dalla formola (1), cioè ponendo in questa $\alpha = 180° - 2\omega_1$, $\beta = 0$. Si trova :

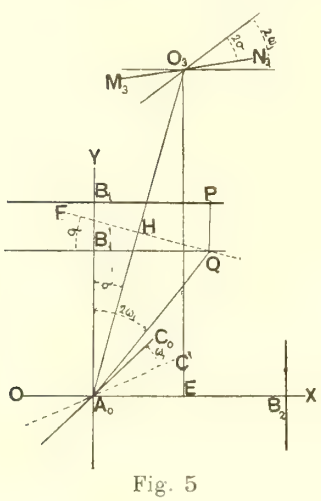


Fig. 5

$$\operatorname{tg}\sigma = \frac{\rho \operatorname{sen} 2\omega_1}{1 + \rho \cos 2\omega_1} = \frac{\rho^2 (2 - \rho)}{2 - \rho^2}.$$

Basterà ora segnare il punto O_3 simmetrico ad A_0 rispetto al piano FQ per avere l' imagine del punto centrale di un' onda MN supposto come nei casi precedenti posto in A_0.

Bisogna adesso determinare le coordinate di O_3, cioè A_0E ed EO_3, che verranno indicate con x_3 y_3.

La relazione $A_0Q : c = PQ : v$ si può scrivere $A_0B_1' \cdot v = (l - A_0B_1')\, c \cdot \cos 2\omega_1$ e se

ne ricava subito $A_0B_1' = \dfrac{l\cos 2\omega_1}{\rho + \cos 2\omega_1}$, da cui $A_0Q = \dfrac{l}{\rho + \cos 2\omega_1}$, $A_0O_3 = 2A_0H =$

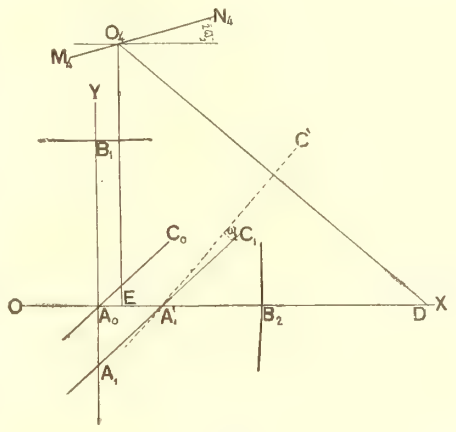
$= \dfrac{2l\cos(2\omega_1 - \sigma)}{\rho + \cos 2\omega_1}$ ed infine $x_3 = A_0O_3 \operatorname{sen}\sigma$, $y_3 = A_0O_3\cos\sigma$. Non resta più che introdurre al posto di ω_1 e di σ i loro valori poi trascurare le potenze di ρ superiori alla seconda ed allora si arriva alle equazioni :

$$\overline{x_3} = 2l\,\rho^2, \qquad \overline{y_3} = 2l\,(1 - \rho + \rho^2). \tag{7}$$

Quanto all' inclinazione dell' imagine M_3N_3 del piano MN è facile persuadersi, che essa vale $2(\omega_1 - \sigma)$. Infatti, se dopo di avere tracciata per O_3 una parallela ad A_0X la si fa ruotare nel senso opposto a quello in cui girano gli indici di un orologio per un angolo $2\omega_1$ si avrà (come nel caso della figura 3) l' effetto dovuto allo spostamento virtuale dello specchio A_0C_0; e bisognerà compiere un' altra rotazione, questa però in senso inverso alla precedente ed eguale a 2σ, per tener conto della inclinazione virtuale dello specchio B_1'. Si ha dunque $\varphi_3 = 2\omega_1 - 2\sigma$, ossia trascurando al solito le potenze di ρ superiori alla seconda :

$$\overline{\varphi_3} = \rho - \frac{3}{2}\rho^2. \tag{8}$$

Determinata così una delle imagini coniugate relative al caso della traslazione secondo YA_0 troviamo l' altra, tenendo dietro perciò alla luce, che va dapprima a riflettersi su B_2 (fig. 7). Anche qui supporremo che il centro O dell' onda piana assunta come sorgente luminosa sia giunto in A_0. Siccome qui lo specchio B_2 si muove nel proprio piano esso si comporta come immobile ; per cui prendendo $B_2D = A_0B_2$, sarà D l' imagine virtuale di A_0. La luce riflessa cammina ora verso A_0C_0; ma il raggio B_2A_0 incontra la lamina, quand' essa si trova già spostata da A_0 ad A_1, avendosi $A_0A_1 : v = (A_0B_2 + B_2A_1') : c$ ossia $A_0A_1' : v = (2l - A_0A_2) : c$, da cui si ricava $A_0A_1' = 2l\rho : (1 + \rho)$, e successivamente $A_1'B_2 = l\,(1 - \rho) : (1 + \rho)$, $A_1'D = l + A_1'B_2 =$ $= 2l : (1 + \rho)$. Nella riflessione la lamina, in causa del moto di cui è animata, si comporta come fosse immobile ed inclinata secondo $A_1'C'$, formando con $A_1'C_1$ un angolo, che la formola (1) dà come eguale a ω_2, come si verifica ponendovi $\alpha = 270°$ e $\beta = -45°$. Prendendo il punto O_4 simmetrico a D rispetto al piano $A_1'C'$ si sarà costruita l' imagine cercata, ed M_4N_4 inclinata di $2\omega_2$ su A_0X sarà l' imagine della sorgente luminosa. Osservando poi che l' angolo O_4DA_0 vale $45° - \omega_2$ e utilizzando il valore già calcolato di $A_1'D$ si ha $DO_4 = 2A_1'D\cos(45° - \omega_2)$, $ED = DO_4\cos(45° - \omega_2)$,



Fig, 7

$EO_4 = DO_4 \operatorname{sen}(45° - \omega_2)$, poi :

$$x_4 = \frac{2l\rho}{1+\rho} - \frac{2l}{1+\rho}\operatorname{sen} 2\omega_2, \qquad y_4 = \frac{2l}{1+\rho}\cos 2\omega_2 .$$

E ricordando che $\operatorname{tg}\omega_2 = \rho : (2+\rho)$

$$x_4 = \frac{2l\rho^2}{2+2\rho+\rho^2}, \qquad y_4 = \frac{4l}{2+2\rho+\rho^2} .$$

E finalmente, trascurando le potenze di ρ superiori alla seconda :

$$(9) \qquad \bar{x}_4 = l\rho^2, \qquad \bar{y}_4 = 2l\left(1 - \rho + \frac{1}{2}\rho^2\right).$$

Quanto alla inclinazione dell' imagine M_4N_4 rispetto alla direzione A_0X è chiaro, che essa eguaglia $2\omega_2$; perchè infatti sarebbe zero se la lamina A_1C_1 non dovesse supporsi girata dall'angolo ω_2 nel senso indicato nella figura. Siccome poi coll'approssimazione adottata $\omega_2 = \frac{1}{2}\rho - \frac{1}{4}\rho^2$, così scriveremo :

$$(10) \qquad \bar{\varphi}_4 = \rho - \frac{1}{2}\rho^2 .$$

Resta così completamente definita anche la seconda delle due imagini M_3N_3, M_4N_4 relative al caso della traslazione secondo YA_0.

5). ***Confronto fra gli effetti ottenuti nelle due orientazioni principali.*** - Siamo ora in grado di effettuare questo confronto. Basta a tale scopo rendersi conto dei cambiamenti che si producono nella fig. 5 qualora in essa si rappresentino le imagini coniugate M_3N_3, M_4N_4 invece delle M_1N_1, M_2N_2.

Cominciamo col supporre spostati i due assi parallelamente a sè stessi, quello A_0X verso il basso della quantità $2l\rho - l\rho^2$ e l'asse A_0Y verso destra della quantità $l\rho^2$. Chiamando x'_3, y'_3, x'_4, y'_4, le coordinate di O_3 ed O_4 rispetto ai nuovi assi si ricava dalle (5) e (7):

$$x'_3 = x_2, \qquad y'_3 = y_2$$

e dalle (3) e (9) :

$$x'_4 = x_1, \qquad y'_4 = y_1 .$$

Ora, un simile spostamento di assi equivale a spostare le imagini parallelamente a sè stesse, ciò che non modifica il fenomeno d' interferenza. Dunque si può supporre che nella figura 5 sia scritto O_3 al posto di O_2 ed O_4 al posto di O_1. Le imagini M_3N_3, M_4N_4 non prendono però il posto di M_2N_2 e rispettivamente di M_1N_1, perchè $\bar{\varphi}_3$ non è eguale a $\bar{\varphi}_2$, nè $\bar{\varphi}_4$ a $\bar{\varphi}_1$. Sono tuttavia eguali le differenze :

$$\bar{\varphi}_4 - \bar{\varphi}_3 = \bar{\varphi}_1 - \bar{\varphi}_2 = \frac{1}{2}\rho^2$$

come risulta dalle (4), (5), (8) e (10).

Dunque le rette L_4, L_3, analoghe alle L_1, L_2 non vanno ad occupare il posto di queste, pur essendo ancora eguale ad $\frac{1}{2}\rho^2$ l' angolo fra esse compreso. Ne consegue che la « lamina equivalente » pel caso della traslazione trasversale (rispetto alla direzione della luce incidente) è identica a quella della fig. 5, salvo una rotazione $\frac{1}{2}(\vec{\varphi}_2 - \vec{\varphi}_3) = \frac{1}{2}\rho^2$ data ad essa nel senso del moto degli indici di un orologio. Una simile rotazione piccolissima, ed il cui valore è indipendente da l, non modifica sensibilmente il fenomeno d' interferenza considerato come dovuto alla lamina equivalente. Se ne conclude che *non si ha verun cambiamento nel passare dall' una all' altra delle due orientazioni principali dell' apparecchio.* E questo è precisamente quanto è stato enunciato nel § 1.

Si può dare alla dimostrazione un' altra forma, prendendo in considerazione, non più la « lamina equivalente », ma invece le immagini coniugate Q_1, Q_2.

Poichè, si ha $\vec{\varphi}_4 = \vec{\varphi}_2$ l' imagine O_4 prenderà il posto della Q_2, mentre Q_3 andrà a collocarsi in un punto posto fra Q_2 e H (non rappresentato nella figura), il quale disterà da Q_4 di una quantità sensibilmente eguale a Q_2Q_1. Siccome poi il ritardo $l\rho^2$, che spettava a Q_2 spetta ora a Q_3, il cambiamento prodotto dalla rotazione di 90°, che fà passare dalla prima orientazione principale alla seconda, si riduce ad un piccolo spostamento verso H delle due imagini coniugate Q_1, Q_2. Evidentemente questo spostamento non dà luogo a quel certo spostamento di frangie proporzionale ad l, che vorrebbe la previsione di Michelson.

È interessante esaminare intimamente come avviene, che in causa delle inclinazioni delle due imagini coniugate dell' onda MN (fig. 1), assunta come sorgente luminosa, rimane annullato il cambiamento, che altrimenti si avrebbe colla rotazione di 90° dell' apparecchio. Per rendere più ovvia la cosa si supponga, che nei calcoli eseguiti per determinare x_3, y_3, $\vec{\varphi}_3$, si sia commessa una svista, quella di non avere tenuto conto dell' effetto della traslazione sulla riflessione del raggio A_0Q su B_1' (fig. 6). È facilissimo cadere in simile errore in quanto che, se già in virtù della traslazione terrestre nel senso YA_0 il raggio A_0Q non fosse stato deviato dalla direzione A_0B_1, esso nella nuova riflessione su B_1' si rifletterebbe secondo $B_1'A_0$. Simile svista equivale al ritenere $\sigma = 0$. Il valore di $\vec{\varphi}_3$ diviene allora eguale a $\vec{\varphi}_1$, e l' imagine Q_3 nella fig. 5 si, colloca al posto di Q_1, mentre Q_4 và come prima al posto di Q_2. Dunque le due imagini coniugate, alle quali si devono le frangie che appaiono nel campo del cannocchiale, non si spostano quando si passa dall' una all' altra delle due orientazioni principali ; ma mentre colla prima orientazione principale il ritardo $l\rho^2$ spettava alla imagine di sinistra, nel caso della seconda orientazione esso appartiene all' imagine di destra ; d' onde la previsione fino ad ora ammessa.

Questa considerazione potrebbe riescire utile a chi volesse indagare, come mai la proprietà qui dimostrata sia sfuggita ai tanti che si sono occupati dello stesso argomento.

6). ***Traslazione a 45° colla direzione della luce incidente.*** - Il motivo pel quale si ricorse al metodo di confrontare fra loro i fenomeni che appaiono dando all' apparecchio successivamente due diverse orientazioni a 90° una dall' altra fu evidentemente quello di evitare le difficoltà sperimentali inerenti all'aggiustamento quasi preciso degli specchi e della lastra semiargentata. Sorge così il desiderio di rendersi conto di quanto avviene allorchè la traslazione è comunque orientata. A raggiungere tale intento ho cominciato col determinare quanto si osserva, allorchè la traslazione dall' apparato ha luogo: 1° parallelamente alla lastra inclinata, 2° in direzione perpendicolare alla medesima lastra.

La trattazione di questi due casi speciali è assai simile a quelle dei § 3 e 4. Per il primo di essi il calcolo è anzi estremamente facile e breve; per il secondo esso risulta alquanto complesso, essendo necessario ricorrere tre volte alla formola (1) come nel caso di traslazione secondo YA_0. Però in entrambi i casi il risultato finale è semplicissimo. Mi limiterò a riferire questi risultati finali, cominciando dal 1° caso Indicando con O_5, O_6 le due imagini di O, con x_5, y_5, x_6, y_6, le loro coordinate, con $\vec{\varphi}_5$, $\vec{\varphi}$ le inclinazioni di M_5N_5 e M_6N_6, si trova:

$$\begin{array}{lll} \overline{x_5} = 0 & \overline{y_5} = 2l\left(1 + \dfrac{\rho}{\sqrt{2}} + \dfrac{\rho^2}{2}\right) & \vec{\varphi}_5 = 0 \\ \overline{x_6} = 0 & \overline{y_6} = \overline{y_5} & \vec{\varphi}_6 = 0 \end{array}$$

La lamina equivalente ha dunque spessore zero, e salvo il leggiero spostamento di essa $\dfrac{\rho}{\sqrt{2}} + \dfrac{\rho^2}{2}$ nel senso AY_0 (fig. 1), che non ha effetto, non si osserva nulla di diverso da ciò che apparirebbe se la traslazione terrestre non esistesse.

Pel 2° caso, chiamando O_7, O_8 le due imagini coniugate di O, x_7, y_7, x_8, y_8 le loro coordinate, $\vec{\varphi}_7$ e $\vec{\varphi}_8$ le inclinazioni di M_7N_7 e M_8N_8, si trova:

$$\begin{array}{lll} \overline{x_7} = 2l\rho & \overline{y_7} = \overline{y_5} & \vec{\varphi}_7 = -\left(\rho\sqrt{2} + \rho^2\right). \\ \overline{x_8} = 2l\rho & \overline{y_8} = \overline{y_5} & \vec{\varphi}_8 = \vec{\varphi}_7 \end{array}$$

Come si vede, la lamina equivalente, salvo la leggiera inclinazione $\vec{\varphi}_7$, è identica a quella del 1° caso.

7). ***Traslazione secondo un azimut qualunque.*** - A questo punto mi apparve verosimile, che la proprietà del rimanere invariato il fenomeno ottico spostando l' apparecchio di 90°, che qui è stata dimostrata in due casi particolari, quello cioè in cui si parte da una delle due orientazioni principali (traslazione o parallela o perpendicolare alla direzione della luce incidente), e quello in cui si parte da una orientazione a 45°, abbia a sussistere per qualsiasi orientazione iniziale dell' apparecchio. Eseguiti i calcoli necessari ho trovato, che questa previsione è conforme al vero. Mi limiterò qui a dare le formole finali, per ottenere le quali ho giudicato opportuno sostituire alla formola (1) la seguente, nella quale gli angoli sono misurati a partire, non dalla direzione della traslazione, come si è supposto nella (1), ma a partire da una direzione

qualunque, colla quale la traslazione fà un angolo δ :

$$\operatorname{tg}\omega = \frac{\rho\cos(\beta-\delta)\operatorname{sen}(\alpha-\beta)}{1-\rho\cos(\beta-\delta)\cos(\alpha-\beta)}.$$

Indicherò con X_1, Y_1, le coordinate dell' imagine del punto O (fig. 1), prodotta dai raggi che si riflettono prima su A_0C_0 poi su B_1, e con Φ_1 l' inclinazione rispetto ad OX dell' imagine del piano MN. Colle stesse lettere, ma però affette dall' indice 2, indicherò le coordinate dell' altra imagine di O, e l' inclinazione dell' imagine di MN prodotta dalla luce che si riflette prima su B_2 poi su A_0C_0.

Il risultato, al quale sono pervenuto, è rappresentato dalle formole seguenti :

$$X_1 = 2l\rho^2\operatorname{sen}\delta(\operatorname{sen}\delta-\cos\delta), \quad Y_1 = 2l(1+\rho\operatorname{sen}\delta+\rho^2\operatorname{sen}^2\delta),$$

$$\Phi_1 = (\cos\delta-\operatorname{sen}\delta)\left[\rho+\frac{\rho^2}{2}(3\operatorname{sen}\delta+\cos\delta)\right]$$

$$X_2 = l\rho^2(1-\operatorname{sen}2\delta), \quad Y_2 = 2l\left(1+\rho\operatorname{sen}\delta+\frac{1}{2}\rho^2\right),$$

$$\Phi_2 = \rho(\cos\delta-\operatorname{sen}\delta)-\frac{\rho^2}{2}(1-\operatorname{sen}2\delta).$$

Com' è naturale, da queste formole si possono dedurre le (3), (4), (5) e (6) ponendovi $\delta = 0$, le (7), (8), (9) e (10) ponendovi $\delta = -90°$. Similmente col porre $\delta = 45°$ e poi $\delta = 135°$ si ricavano le formole del precedente paragrafo.

Dalle ultime delle precedenti formole si deduce :

$$Y_2 - Y_1 = l\rho^2\cos2\delta, \qquad \Phi_1 - \Phi_2 = \rho^2\cos2\delta$$

Per esaminare qual sia l' effetto della rotazione di 90° impressa all' apparecchio, cominciamo collo scrivere i valori che assumono le precedenti espressioni, che distingueremo con un accento, allorchè si cambia in esse δ in $\delta \pm 90°$. In particolare si ha :

$$Y_2' - Y_1' = -l\rho^2\cos2\delta, \qquad \Phi_1' - \Phi_2' = -\rho^2\cos2\delta.$$

Ciò posto potremo utilizzare qui pure la fig. 5, sia prendendo in considerazione la « lamina equivalente », sia ragionando sulle imagini coniugate Q_1, Q_2 del punto luminoso. Ci atterremo a questo secondo metodo. Naturalmente dovremo imaginare che nella figura si scrivano Φ_1 e Φ_2 al posto di φ_1 e φ_2.

Se la figura 5 rappresenta lo stato di cose prima della rotazione, si vede subito dalle ultime equazioni, che dopo la rotazione invece di aversi Q_1 alla destra di Q_2, quel punto si colloca ora alla sinistra di questo, ciò che, se altro non accadesse, darebbe origine ad uno spostamento di frangie. Ma in pari tempo il maggior percorso $l\rho^2\cos2\delta$, che spettava all' imagine Q_2, spetta, dopo la rotazione, a Q_1, il che ristabilisce lo stato di cose primitivo, salvo un piccolo comune spostamento di Q_1, Q_2.

Resta così dimostrato, che l' invariabilità del fenomeno ottico, per una rotazione di 90° si verifica, qualunque sia l' orientazione da cui si parte ; o in altri termini il teorema, opposto alla previsione di Michelson, gode della massima generalità.

8). ***Conclusioni finali.*** - Se si suppone di fare ruotare l'apparecchio per un intero giro, le apparenze varieranno nella seguente maniera. Quando la traslazione si compie nella direzione stessa della luce incidente si ha il fenomeno già definito, eguale a quello che si ottiene allorchè la traslazione è perpendicolare alla direzione della luce adoperata. Nelle due orientazioni intermedie a 45° con quelle il fenomeno è diverso, perchè identico a quello che si vedrebbe colla terra immobile. Naturalmente negli azimut intermedii si constaterà un graduale passaggio. Ora, secondo quanto è stato asserito da Morley e Miller (1), nessun cambiamento si ottiene spostando gradatamente l'apparato per un intero giro. Basterebbe questa contraddizione fra esperienza e previsione teorica per costringere ad ammettere o la contrazione longitudinale o la spiegazione desunta dalla teoria della relatività.

Nella pratica esecuzione della esperienza di Michelson l'inclinazione reciproca dei due specchi non è di solito di 90° esattamente, nè di 45° precisi quelle della lastra inclinata con ciascuno di essi. Si cerca anzi che quegli angoli non abbiamo valori troppo prossimi a quelli supposti in teoria, se no le frangie risulterebbero soverchiamente spaziate ed a larghe sfumature, ciò che renderebbe troppo difficile la constatazione di un loro eventuale piccolo spostamento. Come restino modificati i fenomeni in tali circostanze sarà oggetto di altra mia prossima pubblicazione.

Restando ancora nella supposizione della rigorosa orientazione dei tre riflettori chiuderò questo mio scritto col far osservare, che cadrebbe in errore chi pensasse, che dal fatto della immutabilità del fenomeno ottico nel passare dall'una all'altra delle due orientazioni principali, fosse lecito dedurre la non esistenza della contrazione di Lorentz.

Per rendersene conto si può procedere nel modo seguente. Lasciate intatte le formole (3) e (9), si cambi l in $l\sqrt{1-\rho^2}$ nelle (5) e (7), che così modificate chiameremo (5') e (7'), ed avremo il seguente sistema di formole:

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= 0 \\ y_1 &= 2l \end{aligned}\right\} \ (3) \qquad \left.\begin{aligned} \overline{x}_2 &= l\rho^2 \\ \overline{y}_2 &= 2l \end{aligned}\right\} \ (5')$$

$$\left.\begin{aligned} \overline{x}_3 &= 2l\rho \\ \overline{y}_3 &= 2l\left(1-\rho+\frac{\rho^2}{2}\right) \end{aligned}\right\} \ (7') \qquad \left.\begin{aligned} \overline{x}_4 &= l\rho^2 \\ \overline{y}_4 &= 2l\left(1-\rho+\frac{\rho^2}{2}\right) \end{aligned}\right\} \ (9)$$

Osservando se e come si muti la fig. 5 nel passare dall'una all'altra delle due orientazioni principali si arriva alle stese conclusioni esposte nel § 5, con questa sola differenza, che avendosi ora $y_1 = y_2$ ed $\overline{y}_3 = \overline{y}_4$, è sparita la differenza di cammino $l\rho^2$. All'infuori di questo le due lamine equivalenti messe a confronto risultano infatti identiche.

(1) Phil. Mag., May 1905, p. 685.

L'ESPERIENZA DI MICHELSON E LA SUA INTERPRETAZIONE

MEMORIA II.

DEL

Prof. Sen. AUGUSTO RIGHI

letta nella Seduta del 12 Gennaio 1919

1). ***Introduzione.*** - Nella Memoria di egual titolo (1), e di cui questa è la continuazione, ho dimostrato, che la previsione enunciata or sono circa sette lustri da Michelson, e da allora considerata da tutti senza eccezione come rigorosamente esatta ed attendibile, secondo cui dovrebbe osservarsi un certo mutamento nel fenomeno di interferenza dato dal noto apparecchio ideato da quel fisico, allorchè mediante una rotazione di 90° se ne muta l'orientazione in guisa, che la traslazione terrestre avvenga ora parallelamente, ora trasversalmente alla direzione della luce adoperata, ho dimostrato, dico, che tale previsione è erronea. Ho fatto vedere invece, che detta rotazione deve lasciare il fenomeno ottico inalterato, supposto, ben inteso, che la lastra semiargentata sia inclinata a 45° sulla direzione della luce, e che i due specchi siano effettivamente perpendicolari, l'uno a detta luce, e l'altro a quella riflessa dalla lastra.

Un mutamento nel fenomeno ottico si prevede però se queste condizioni relative alle orientazioni dei tre riflettori non sono adempiute. E siccome i fisici hanno ripetutamente cercato, e, a quanto essi dichiarano, sempre invano, di constatare quel mutamento variando l'angolo compreso fra la direzione della luce incidente e la direzione della traslazione terrestre, così il nuovo teorema dimostrato nella precedente Memoria non può dispensarci dal dovere ricorrere a qualche ipotesi speciale onde render conto di una così patente contraddizione fra teoria ed esperienza. Bisognerà cioè ancora adottare la moderna teoria della Relatività, o l'ipotesi della contrazione longitudinale dei corpi che si muovono attraverso l'etere, o ricorrere a qualche altra ipotesi più o meno artificiosa, come sarebbe quella recentemente proposta di Birkeland (2).

Si presenta così la necessità di esaminare il modo di comportarsi dell'apparecchio di Michelson allorchè ne venga modificata la struttura spostando angolarmente i tre riflettori. Il calcolo relativo diviene alquanto laborioso, quand'anche gli angoli di cui

(1) Seduta del 13 gennaio 1919.

(2) *Phil. Mag.* January 1919.

si suppongono variate le orientazioni a partire da quelle teoriche siano abbastanza piccoli, perchè sia lecito trascurarne le potenze superiori alla prima. Siccome poi basta prendere in esame qualche caso particolare per acquistare una sufficiente cognizione degli effetti prodotti dai detti spostamenti, così potrò qui limitarmi ad esporre concisamente il calcolo relativo al caso in cui venga spostato angolarmente uno dei due specchi soltanto.

2). ***Effetto dovuto allo spostamento del primo specchio.*** - Il caso preso in considerazione è il seguente. Il primo specchio B_1 (fig. 1), quello cioè su cui cade il raggio riflesso dalla lastra di vetro a 45° A_0C_0, si suppone girato di un angolo μ intorno alla normale al piano di figura, che è il piano contenente il raggio incidente OA_0B_2 ed il raggio A_0B_1 riflesso da A_0C_0, quando non vi sia traslazione.

Assunta come sorgente luminosa una delle onde piane incidenti, come MON, si tratta di determinare, come si fece pei casi più semplici contemplati nella precedente Memoria, l' imagine $M_1O_1N_1$ del piano MON (supposto anche quì che si ponga poi OA_0 eguale a zero) prodotta dalle due riflessioni su A_0C_0 e su B_1, e l' imagine $M_2O_2N_2$ dovuta alle riflessioni prima sullo specchio B_2 e poi su A_0C_0. Dalle coordinate dei punti O_1 ed O_2 prese secondo gli assi A_0X ed A_0Y, e dalle inclinazioni Φ_1 e Φ_2 delle due imagini M_1N_1, M_2N_2, si ricaverà poi qual sia il fenomeno ottico ottenuto e come resti modificato colla solita rotazione di 90° data all' apparecchio.

Per maggior generalità si suppone quì (come nel n. 7 della precedente Memoria) che la traslazione si compia in una direzione qualunque A_0V formante un angolo δ colla direzione A_0X.

Ecco in succinto come si determinano la posizione e l' orientazione della prima imagine M_1N_1, e cioè le coordinate X_1, Y_1 di O_1 e linclinazione Φ_1 di M_1N_1 rispetto ad A_0X. Sarà conveniente far uso della formola data nel detto n. 7, cioè:

$$(1) \qquad \operatorname{tg}\omega = \frac{\rho\cos(\beta-\delta)\operatorname{sen}(\alpha-\beta)}{1-\rho\cos(\beta-\delta)\cos(\alpha-\beta)}.$$

nella quale ω è l' angolo di cui varia in causa della traslazione la direzione del raggio riflesso da uno specchio, che si muove uniformemente con velocità v secondo una direzione formante coll' asse di riferimento (che sarà qnì OX) un angolo δ, essendo ρ il rapporto fra v e la velocità c della luce, α l' angolo con A_0X del raggio incidente, β quello della normale allo specchio dalla parte di esso da cui avviene la riflessione. Per esempio, per il raggio incidente OA_0 si ha evidentemente $\alpha = 0$, e per la riflessione su A_0C_0 si ha $\beta = 135°$. Perciò, dicendo ω_1 il valore che si ricava dalla formola sarà:

$$\operatorname{tg}\omega_1 = \frac{\rho\cos(135°-\delta)+\operatorname{sen}(-135°)}{1-\rho\cos(135°-\delta)\cos(-135°)}, \qquad \text{ossia} = -\frac{a\rho}{2-\rho},$$

ponendo per abbreviare:

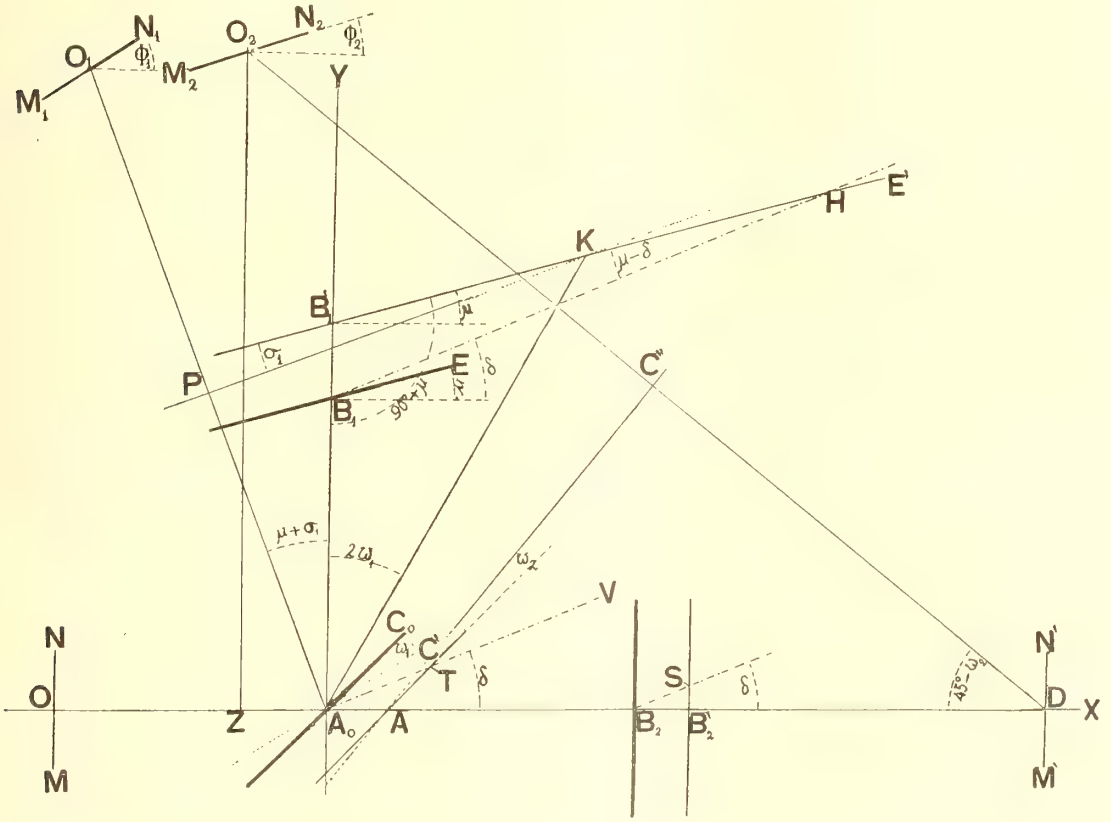
$$a = \operatorname{sen}\delta - \cos\delta.$$

La riflessione in A_0 avviene dunque come se la lastra A_0C_0 non fosse in movimento, ma fosse stata stabilmente girata di un angolo ω_1 nel senso indicato dalla figura.

Mentre dunque in assenza di traslazione al raggio incidente OA_0 corrisponderebbe come raggio riflesso A_0B_1, questo avrà realmente la direzione A_0K, che forma con A_0B_1 un angolo $2\omega_1$. Trascurando poi, come di regola, le potenze di ρ superiori alla seconda, si può scrivere:

$$\omega_1 = -\frac{a\rho}{2} + \frac{a^2\rho^2}{4}. \tag{2}$$

Nel tempo durante il quale la luce si propaga lungo A_0K lo specchio B_1 si sposta colla velocità v nella direzione B_1H parallela ad A_0V; di guisa che, nel momento



in cui il raggio A_0K incontra lo specchio, questo non si trova più in B_1E, ma in una nuova posizione B'_1E'. Se H è il luogo nel quale perviene il punto B_1, si avrà evidentemente:

$$B_1H : v = A_0K : c, \tag{3}$$

relazione che sarà utilizzata più avanti.

Occorre intanto esaminare come si rifletta su B'_1E' il raggio A_0K. In causa della traslazione la riflessione in K avviene come se lo specchio B'_1E' fosse immobile, ma

fosse stato girato, come mostra la figura, di un certo angolo $B_1'KP$ che diremo σ_1, e che non è che il valore fornito dalla formola (1) quando al posto di α e di β vi si introducono i valori valevoli pel caso attuale, che evidentemente sono $\alpha = 90° - 2\omega_1$, $\beta = -90° + \mu$. Si trova:

$$\operatorname{tg}\sigma_1 = \mp \frac{\rho \operatorname{sen}(\mu - \delta) \operatorname{sen}(2\omega_1 + \mu)}{1 + \rho \operatorname{sen}(\mu - \delta) \cos(2\omega_1 + \mu)}.$$

Il doppio segno ha la sua ragione di essere in ciò, che la formola generale (1) porge il valore assoluto dell' angolo, di cui lo specchio in moto si deve supporre spostato, restando poi da stabilire il senso nel quale tale angolo va misurato, vale a dire se l' angolo di riflessione deve risultare maggiore o minore dell' angolo di incidenza. La decisione viene presa applicando la regola data nella precedente Memoria, che è la seguente. Se la faccia dello specchio, sulla quale avviene la riflessione, precede l' altra faccia nel movimento traslatorio, l' angolo di riflessione è minore dell' angolo d' incidenza, mentre è invece maggiore nel caso contrario.

Dovendosi attribuire a σ_1 un valore positivo si dovrà adottare il segno superiore, se $\mu < \delta$, e l' inferiore nell' ipotesi opposta. E siccome possiamo supporre che μ sia assai piccolo, e che non lo sia in egual misura δ, così ci atterremo al segno superiore.

Siccome poi dal valore trovato per $tg\,\omega_1$ si desume:

$$\operatorname{sen} 2\omega_1 = \frac{2a\rho + a^2\rho^2}{2 + 2a\rho + a^2\rho^2}, \qquad \cos 2\omega_1 = \frac{2 + 2a\rho}{2 + 2a\rho + a^2\rho^2},$$

facendo le debite sostituzioni nel valore di $\operatorname{tg}\sigma_1$ si arriva ad una espressione piuttosto complessa e che non occorre trascrivere quì, ma che, trascurando le potenze di ρ superiori alla seconda, ed ammettendo μ abbastanza piccolo per potere sostituire l' unità a $\cos\mu$ e μ a $\operatorname{sen}\mu$, diventa:

$$(4) \qquad \sigma_1 = \mu\rho \operatorname{sen}\delta + \frac{1}{2}\rho^2 \left[2 \operatorname{sen}\delta (\cos\delta - \operatorname{sen}\delta) + \mu (\operatorname{sen} 2\delta - 2\cos 2\delta)\right].$$

Abbassiamo ora la perpendicolare A_0P da A_0 su KP e raddoppiamone la lunghezza. Il punto O_1 trovato in tal modo sarà l' imagine di A_0. Ed il piano $M_1O_1N_1$ inclinato di un angolo Φ_1, che si determinerà fra poco, sarà l' imagine del piano MN, supposto, come si è avvertito, che si ponga OA_0 eguale a zero a scopo di semplificazione.

L' angolo Φ_1 si determina agevolmente ragionando per esempio nel modo seguente.

Qualora non vi fosse traslazione l' imagine di MN data dalla riflessione su A_0C_0 risulterebbe rappresentata da una retta parallela ad A_0X, ed altrettanto dicasi della imagine successiva prodotta dalla riflessione su B_1E, dato che inoltre fosse $\mu = 0$. Ciò posto è chiaro, che in causa della traslazione la prima delle nominate imagini si troverà girata di $2\omega_1$ verso destra, e la seconda di altrettanto verso sinistra. E siccome questa viene inoltre girata di 2μ verso sinistra in causa di μ e di $2\sigma_1$ nello

stesso senso in causa della traslazione, così risulta in complesso:

$$(5)\qquad \Phi_1 = 2\mu + 2\omega_1 + 2\sigma_1 = 2\mu + \rho\,(2\mu\,\mathrm{sen}\,\delta - \mathrm{sen}\,\delta + \cos\delta)$$

$$+ \frac{1}{2}\rho^2\left[\cos 2\delta + \mathrm{sen}\,2\delta - 2\,\mathrm{sen}^2\delta - \mu\,(2\cos 2\delta - \mathrm{sen}\,2\delta)\right].$$

Restano a determinarsi le coordinate X_1 ed Y_1 del punto O_1. Basta perciò fare alcuni rilievi sulla figura, nella quale per maggior chiarezza e risparmio di spiegazioni ho avuto cura di segnare i valori degli angoli principali.

Dal triangolo A_0KP si ricava: $A_0P = A_0K\,\cos(2\omega_1 + \mu + \sigma_1)$ e quindi $A_0O_1 = 2\,A_0K\cos(2\omega_1 + \mu + \sigma_1)$. Poi dal triangolo A_0KB_1', $A_0K : A_0B_1' = \cos\mu : \mathrm{sen}\,A_0KB_1'$. ossia $A_0K : (l + B_1B_1') = \cos\mu : \cos(2\omega_1 + \mu)$, ponendosi come al solito $A_0B_1 = A_0B_2 = l$. Ed infine dal triangolo B_1HB_1' si ricava $B_1H : B_1B_1' = \cos\mu : \mathrm{sen}\,(\delta - \mu)$. Eliminando B_1B_1' e B_1H fra queste equazioni e la (4) si trova subito il valore di A_0K da sostituire nell' espressione di A_0O_1. Siccome poi $X_1 = A_0O_1\ \mathrm{sen}\,(\sigma_1 + \mu)$, $Y_1 = A_0O_1\ \cos(\sigma_1 + \mu)$, si ha per ultimo

$$X_1 = \frac{2l\cos\mu\cos(2\omega_1 + \mu - \sigma_1)\,\mathrm{sen}\,(\sigma_1 + \mu)}{\cos(2\omega_1 + \mu) - \rho\,\mathrm{sen}\,(\delta - \mu)},$$

$$Y_1 = \frac{2l\cos\mu\cos(2\omega_1 + \mu - \sigma_1)\cos(\sigma_1 + \mu)}{\cos(2\omega_1 + \mu) - \rho\,\mathrm{sen}\,(\delta - \mu)},$$

e nei consueti limiti di approssimazione:

$$(6)\quad X_1 = 2l\left\{\mu + 2\mu\rho\,\mathrm{sen}\,\delta + \frac{\rho^2}{2}\left[2\,\mathrm{sen}\,\delta(\cos\delta - \mathrm{sen}\,\delta) + \mu\,(\mathrm{sen}\,2\delta - 2\cos 2\delta + 4\,\mathrm{sen}^2\delta)\right]\right\},$$

$$(7)\qquad Y_1 = 2l\left\{1 + \rho\,(\mathrm{sen}\,\delta - \mu\cos\delta) + \rho^2\left[\mathrm{sen}^2\delta + 2\mu\,(\mathrm{sen}^2\delta - \mathrm{sen}\,2\delta)\right]\right\}.$$

3). ***Determinazione della seconda imagine.*** - Nella produzione di questa seconda imagine non interviene naturalmente nessuna influenza per parte dell' angolo μ, per cui il risultato cui si perviene è quello medesimo esposto nel n. 7 dell' altra Memoria, ossia valgono qui gli stessi valori dati allora per X_2, Y_2, Φ_2. Siccome però là mi limitai a dare le formole finali, indicherò ora brevemente il modo di calcolarle, con che sarà resa completa la trattazione in corso.

Nel momento in cui l' onda MN assunta come sorgente raggiunge lo specchio B_2, questo non si trova già più dove si trovava quando l'onda passò per A_0, ma in B_2', ed il punto B_2 è pervenuto in S. Questa posizione dello specchio è determinata dalla condizione:

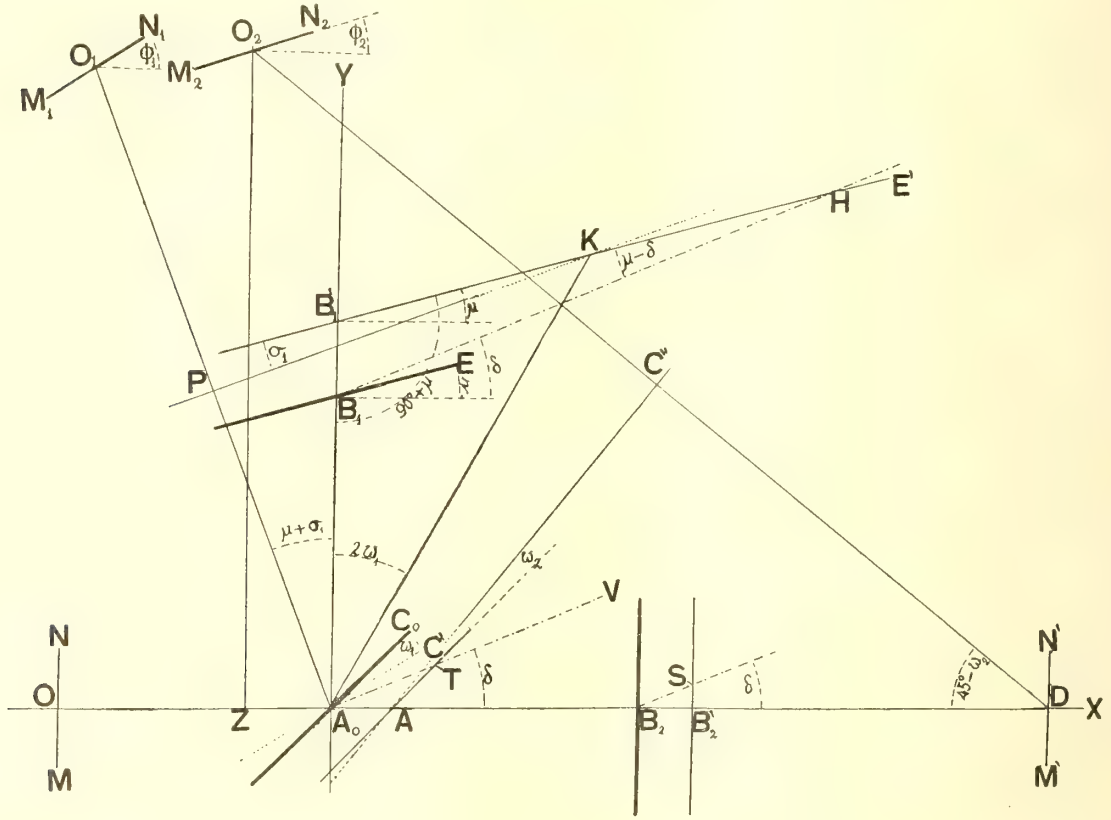
$$(8)\qquad B_2S : v = A_0B_2' : c.$$

All' infuori di ciò la riflessione sul secondo specchio B_2' avviene senza che la traslazione arrechi nessuna variante. Infatti si ha ora $\alpha = 0$, $\beta = -180°$, $\cos(\alpha - \beta) = 0$, e quindi dalla (1) $\mathrm{tg}\,\omega = 0$.

Dopo la riflessione la luce cammina dunque secondo $B_2'A_0$ e va a riflettersi sulla lastra inclinata A_0C_0, che non incontra però che allorquando si è spostata da A_0 a T, dato che sia:

$$A_0T : v = (A_0B_2' + B_2'A) : c . \tag{9}$$

In questa riflessione la lastra riflettente si comporta come fosse immobile, ma angolarmente spostata di un certo angolo $C''AT = \omega_2$ come mostra la figura. Per



calcolare ω_2 basta porre nella (1) $\alpha = -\ 180°$, $\beta = -\ 45°$. Si trova così pel valore assoluto di ω_2:

$$\operatorname{tg} \omega_2 = \frac{-\ a\rho}{2 - a\rho} . \tag{10}$$

e al solito grado di approssimazione:

$$\omega_2 = -\ \frac{a\rho}{2} - \frac{a^2\rho^2}{4} . \tag{11}$$

Perchè la spiegazione risulti ben chiara è opportuno completare la figura. Prendendo $B_2'D = A_0B_2'$ si avrà in D l'imagine di A_0, ed in $M'N'$ quella del piano MN supposto pervenuto in A_0. Se poi si traccia la retta $DC''O_2$ in direzione perpendicolare ad AC'', e si fa $C''O_2 = DC''$, il punto O_2 sarà la nuova imagine di A_0 dovuta

alla riflessione sulla lastra inclinata. Inoltre, la retta M_2N_2 inclinata dell' angolo $\Phi_2 = 2\omega_2$ sarà la seconda delle due imagini coniugate del piano MN.

Dicendo X_2, Y_2 le coordinate di O_2, si ha evidentemente

$$X_2 = A_0D - ZD = 2(l + B_2B_2') - ZD, \quad Y_2 = ZO_2;$$

ed osservando che l' angolo A_0DO_2 vale $45° - \omega_2$, si ricava facilmente dai triangoli ADC'', ZDO,

$$DC'' = AD\cos(45° - \omega_2) = (A_0D - A_0A)\cos(45° - \omega_2),$$
$$ZO_2 = 2\,DC''\,\mathrm{sen}(45° - \omega_2), \quad ZD = DO_2\cos(45° - \omega_2).$$

Fatte le successive sostituzioni:

$$X_2 = 2(l + B_2B_2') - 2AD\cos^2(45° - \omega_2), \quad Y_2 = 2AD\,\mathrm{sen}(45° - \omega_2)\cos(45° - \omega_2).$$

Per determinare poi B_2B_2' ed AD basta far uso delle (8), e (9) opportunamente modificate mediante semplicissime considerazioni fatte sulla figura.

Dal triangolo $B_2B_2'S$ si ricava $B_2B_2' = B_2S\cos\delta$, per cui la (8) diviene $B_2B_2' : v\cos\delta = (l + B_2B_2') : c$, da cui

$$(8') \qquad B_2B_2' = \frac{l\rho\cos\delta}{1 - \rho\cos\delta}.$$

Dal triangolo A_0AT si trae $A_0A : A_0T = \mathrm{sen}\,A_0TA : \mathrm{sen}\,A_0AT$, ossia $A_0A = A_0T\,\mathrm{sen}(135° + \delta) : \mathrm{sen}\,135°$, da cui $a \cdot A_0T = -A_0A$. In tal modo la (9) diventa $A_0A = -a\rho(A_0B_2' + B_2'A)$ ossia $AA_0 = -a\rho(2l + 2B_2B_2' + A_0A)$ od anche

$$A_0A = \frac{2al\rho}{(a\rho - 1)(1 - \rho\cos\delta)}.$$

Pel valóre di AD, che occorre introdurre, insieme a quello di B_2B_2', nelle espressioni di X_2 ed Y_2, si trova quindi $AD = A_2D - A_0A$, cioè

$$AD = \frac{2l}{(a\rho - 1)(1 - \rho\cos\delta)}.$$

Portando finalmente in X_2, Y_2 i valori di AD e di B_2B_2', come pure quelli di $\mathrm{sen}\,2\omega_2$ e $\cos 2\omega_2$ ricavati dalle (10), e trascurando le potenze di ρ superiori alla seconda si ottiene

$$(12) \qquad X_2 = l\rho^2(1 - \mathrm{sen}\,2\delta),$$

$$(13) \qquad Y_2 = 2l\left(1 + \rho\,\mathrm{sen}\,\delta + \frac{1}{2}\rho^2\right),$$

alle quali si aggiungerà:

$$(14) \qquad \Phi_2 = 2\omega_2 = \rho(\cos\delta - \mathrm{sen}\,\delta) - \frac{1}{2}\rho^2(1 - \mathrm{sen}\,2\delta).$$

4). ***Effetto di una rotazione di 90° data all' apparecchio.*** - Riferendoci ora alla fig. 5 della precedente Memoria possiamo renderci conto del modo nel quale funziona l' apparecchio di Michelson.

A tale scopo potremo prendere in considerazione: I° o le due imagini coniugate Q_1 e Q_2 formate nel piano focale dell' obbiettivo DE del cannocchiale, col quale si raccolgono i due sistemi di onde provenienti dalle due imagini M_1N_1, M_2N_2 dell' onda MN assunta come sorgente o origine delle onde interferenti, oppure: 2°, la lamina « equivalente » L_1SL_2 di forma prismatica, la quale, in seguito alla interferenza delle onde piane che rifletterebbe colle sue due faccie produrrebbe effetto eguale a quello dell' apparecchio.

Considerando per esempio le due imagini reali Q_1, Q_2, i due fasci che, dopo averle formate, proseguono divergendo nel loro cammino, vanno a formare più oltre un sistema di frangie d' interferenza, simile a quello che produrrebbe un usuale apparecchio da interferenze; però con questo di speciale, che in un dato punto esiste fra i raggi interferenti, oltre che la differenza di fase dovuta alla differenza fra le due distanze dal punto considerato ai punti Q_1 e Q_2 anche quella, eguale approssimativamente al ritardo corrispondente ad $Y_2 - Y_1$, dovuto al fatto, che M_2N_2 è più lontana di M_1N_1 dall' osservatore.

Dalle equazioni (7) e (13) si ricava.

$$(15) \qquad Y_2 - Y_1 = 2l \left\{ \mu\rho \cos\delta + \frac{\rho^2}{2} \left[\cos 2\delta - 4\mu \left(\operatorname{sen}^2\delta - \operatorname{sen} 2\delta \right) \right] \right\},$$

mentre dalle (5) e (14) si ha:

$$(16) \quad \Phi_1 - \Phi_2 = 2\mu + 2\mu\rho \operatorname{sen}\delta + \frac{\rho^2}{2} \left[2\cos 2\delta + 2\mu \left(\operatorname{sen} 2\delta - \cos 2\delta \right) \right].$$

Se ora si suppone girato l' apparecchio di 90°, per esempio cambiando δ in $\delta + 90°$, non succede più (come quando era $\mu = 0$) che $Y_2 - Y_1$ e $\Phi_1 - \Phi_2$ mutino semplicemente di segno, e quindi non sussiste più l' invariabilità del fenomeno ottico che allora si verificava. Infatti, dato che μ non sia talmente piccolo da potere essere trascurato di fronte a ρ_2 succede, che la rotazione, non solo fa variare il valore assoluto di $\Phi_1 - \Phi_2$ e quindi la distanza fra Q_1 e Q_2, ma $\Phi_1 - \Phi_2$ non cambia più segno, e cioè Q_1 anzichè passare alla sinistra di Q_2 rimane ancora a destra. Svanisce così la compensazione fra l' effetto prodotto dalla rotazione su $Y_2 - Y_1$ e l' effetto che la rotazione stessa induce in $\Phi_1 - \Phi_2$. Si aggiunga poi, che la rotazione dell' apparecchio fa in pari tempo mutare il valore assoluto di $Y_2 - Y_1$ benchè questa differenza rimanga sempre poco differente da $l\rho^2$.

La mancata constatazione sperimentale di questi mutamenti, che secondo le previsioni dovrebbero osservarsi quando si giri l' apparecchio dl 90°, porta alle stesse conseguenze, cui condusse già, in base ad una inesatta interpretazione, l' esperienza ideata dal celebre fisico americano.

Le ultime formole lasciano scorgere qual utile pratico possa ritrarsi dallo intenzionale spostamento angolare μ.

Se questo angolo, pur restando abbastanza piccolo per potere impunemente trascurarne le potenze superiori alla prima, è tuttavia grande relativamente a ρ^2 (il che è perfettamente possibile visto il valore di ρ^2) si può scrivere approssimativamente $\Phi_1 - \Phi_2 = 2\mu$, e cioè la distanza fra le due imagini coniugate risulta sensibilmente proporzionale a μ. L' intervallo fra le frangie d' interferenza generate da Q_1 e Q_2 varia dunque in ragione inversa di μ. Perciò il fare variare l' angolo μ fornisce un comodo mezzo per rendere a piacere più o meno grande l' intervallo fra le frangie, e far sì che esse appaiano abbastanza nette e ben definite, mentre altrimenti, stante la piccolezza di ρ^2 esse sarebbero così larghe e sfumate da dare quasi al campo visivo l' aspetto di un chiarore uniforme.

È quasi superfluo osservare, che alla stessa conseguenza si perviene col prendere in considerazione la lamina equivalente L_1SL_2 della fig. 5 (Memoria precedente). L' angolo fra le due faccie di essa vale $\frac{1}{2}(\Phi_1 - \Phi_2)$, quindi al crescere di μ aumenta in maniera sensibilmente proporzionale, e diminuisce l' intervallo fra le successive frangie del sistema generato dai raggi riflessi dalle due faccie della lastra.

In quanto precede si è studiato l' effetto ottenuto inclinando di un angolo μ il primo specchio, e lasciando nelle orientazioni di 45° e 90° rispettivamente la lastra semiargentata ed il secondo specchio. Ma si comprende che analoghi risultati si ottengono spostando angolarmente qualche poco anche questi due riflettori.

Il calcolare le imagini finali M_1M_1 ed M_2N_2 in questo caso il più generale di spostamenti angolari dati ai tre riflettori è cosa molto indaginosa, per quanto riguarda le coordinate X_1, Y_1, ed X_2, Y_2, quand'anche si ammetta sempre che gli spostamenti dati ai riflettori siano assai piccoli. Non è difficile invece determinare nel caso generale il valore di $\Phi_1 - \Phi_2$, da cui dipende la distanza fra le successive frangie d'interferenza.

5). ***Distanza delle frangie nel caso più generale.*** - Per determinare $\Phi_1 - \Phi_2$ nel caso in cui, non solo il primo specchio (fig. 2) sia stato girato di un angolo μ, ma in pari tempo si sia spostata di un angolo λ la lastra semiargentata, ed il secondo specchio di un angolo ν, basta far uso ripetutamente della formola (1) nel modo che sto per esporre, limitandomi a qualche indicazione essenziale e riferendo i risultati finali. Si suppone sempre che la luce giunga all'apparecchio nella direzione A_0X, e che la traslazione terrestre avvenga nella direzione A_0V inclinata su A_0X di un angolo δ.

Consideriamo in primo luogo la luce riflessa prima su A_0C e poi sopra B_1E_1.

Nella prima riflessione il fenomeno ha luogo come se la lastra fosse immobile, ma spostata in A_0c_1 dell' angolo ω_1, che si ricava dalla formola (1) ponendovi $\alpha = 0$, $\beta = 135° + \lambda$. Il risultato che si ottiene è

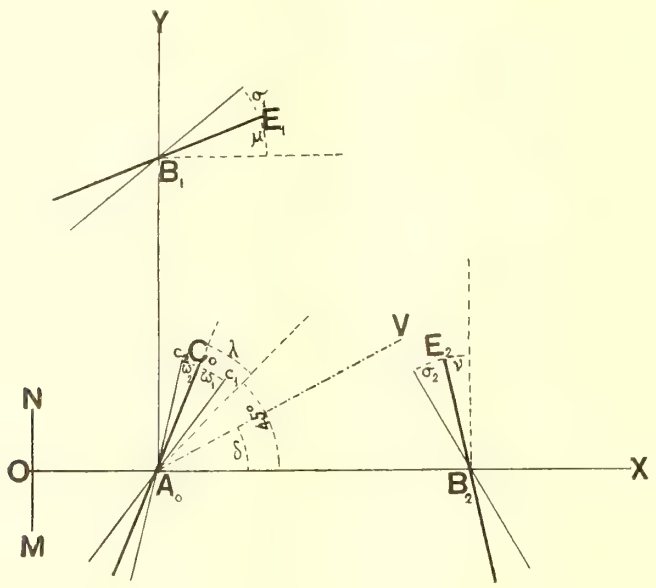
$$\operatorname{tg}\omega_1 = \frac{-\rho\left[\operatorname{sen}(\lambda - \delta) + \cos(\lambda - \delta)\right](\operatorname{sen}\lambda - \cos\lambda)}{2 - \rho\left[\operatorname{sen}(\lambda - \delta) + \cos(\lambda - \delta)\right](\operatorname{sen}\lambda + \cos\lambda)}.$$

Trascurando le potenze di ρ superiori alla seconda, e poscia ammettendo λ abba-

stanza piccolo perchè sia lecito sostituire a $\cos\lambda$ l' unità e λ a $\operatorname{sen}\lambda$ si trova:

$$(17) \qquad \omega_1 = \frac{\rho}{2}(\cos\delta - \operatorname{sen}\delta + 2\lambda\operatorname{sen}\delta) + \frac{\rho^2}{4}(1 - \operatorname{sen}2\delta + 2\lambda\cos 2\delta).$$

Il raggio riflesso dalla lastra inclinata avrebbe la direzione A_0B_1 se essa fosse stata lasciata alla sua orientazione di 45°, e se traslazione non vi fosse. Ma invece



fu spostata effettivamente dall' angolo λ, e inoltre in causa del movimento di traslazione essa si comporta come immobile nella orientazione A_0c_1. Perciò detto raggio riflesso farà con A_0B_1 un angolo $2(\omega_1 - \lambda)$, e colla direzione di riferimento un angolo $90° - 2\omega_1 + 2\lambda$. Questo è il valore da attribuirsi ad α nella formola (1) per applicarla alla riflessione che ha luogo su B_1.

Oltre che adottare questo valore, si dovrà poi porre nella formola $\beta = -(90° - \mu)$, chiamando ancora μ l' angolo compreso fra B_1E_1 ed A_0X. Indichiamo con σ_1 l' angolo dell' ulteriore spostamento virtuale destinato a tener conto della traslazione terrestre. Si trova (in valore assoluto):

$$\operatorname{tg}\sigma_1 = \frac{-\rho\operatorname{sen}(\mu - \delta)\operatorname{sen}(2\omega_1 - 2\lambda + \mu)}{1 + \rho\operatorname{sen}(\mu - \delta)\cos(2\omega_1 - 2\lambda + \mu)},$$

da cui, dopo aver introdotto in posto di $\operatorname{sen}2\omega_1$ e di $\cos 2\omega_1$ i valori che si deducono da qnello di $\operatorname{tg}\omega_1$, e colle consuete approssimazioni:

$$(18) \quad \sigma_1 = \rho(\mu - 2\lambda)\operatorname{sen}\delta + \frac{\rho^2}{2}[\operatorname{sen}2\delta - 2\operatorname{sen}^2\delta - 2\lambda\operatorname{sen}2\delta - \mu(2\cos 2\delta - \operatorname{sen}2\delta)].$$

In quanto precede non mi sono occupato del fatto, che in causa della traslazione

terrestre muta la posizione nello spazio in cui i raggi luminosi incontrano gli specchi. Ciò era lecito fare, perchè non ci si occupa qui che delle inclinazioni dei raggi luminosi e non della lunghezza dei cammini da essi percorsi.

Si potrebbe ora scrivere l' espressione di Φ_1, angolo dell' imagine M_1N_1 colla solita direzione A_0X e cioè:

$$\Phi_1 = 2(\mu + \sigma_1 + \omega_1 - \lambda).$$

Passiamo ora al secondo dei due fasci luminosi interferenti. Il raggio OB_2 si riflette sullo specchio B_2E_2, inclinato per ipotesi dell' angolo v, per trovare l' angolo, che indicheremo con σ_2, del quale lo si deve supporre ulteriormente inclinato per computare l' effetto della traslazione terrestre, basterà porre nella (1) $\alpha = 0$ e $\beta = 180° - v$, ed essa dà

$$\operatorname{tg}\sigma_2 = \frac{-\rho\cos(v-\delta)\operatorname{sen} v}{1-\rho\cos(v-\delta)\cos v},$$

e colle consuete approssimazioni:

$$\sigma_2 = \rho v\cos\delta + \rho^2 v\cos^2\delta. \tag{19}$$

Il raggio riflesso da B_2 va infine a riflettersi sulla lastra A_0C, la quale si dovrà supporre virtualmente spostata di un certo angolo ω_2 onde tener conto dell' effetto prodotto dalla traslazione. Detto raggio andando da B_2 verso A_0C_0 è inclinato rispetto ad A_0X per motivo della inclinazione $90° + v + \sigma_2$ dello specchio, per cui si dovrà porre $\alpha = 180° + 2v + 2\sigma_2$, insieme a $\beta = -(45° - \lambda)$. Si ricava allora dalla formola (1):

$$\operatorname{tg}\omega_2 = \frac{\rho[\cos(\lambda-\delta)+\operatorname{sen}(\lambda-\delta)]\,[\operatorname{sen}(2v+2\sigma_2-\lambda)+\cos(2v+2\sigma_2-\lambda)]}{2-\rho[\cos(\lambda-\delta)+\operatorname{sen}(\lambda-\delta)]\,[\operatorname{sen}(2v+2\sigma_2-\lambda)-\cos(2v+2\sigma_2-\lambda)]}.$$

ed ammettendo i soliti limiti di approssimazione:

$$\omega_2 = \frac{\rho}{2}[\cos\delta - \operatorname{sen}\delta + 2\lambda\operatorname{sen}\delta + 2v(\cos\delta - \operatorname{sen}\delta)] \tag{20}$$

$$+ \frac{\rho^2}{4}[\operatorname{sen}2\delta - 1 - 2\lambda\cos 2\delta + 2v\cos\delta(\cos\delta - \operatorname{sen}\delta)].$$

Si potrebbe quindi scrivere volendo il valore della inclinazione Φ_2 della seconda imagine M_2N_2, che è $\Phi_2 = 2(-v + \lambda - \sigma_2 + \omega_2)$.

Ma in realtà ciò cui si voleva giungere era la determinazione dell'angolo

$$\Phi_1 - \Phi_2 = 2(\mu + v - 2\lambda + \omega_1 - \omega_2 + \sigma_1 + \sigma_2),$$

che dopo qualche riduzione diviene:

$$(21) \qquad \frac{1}{2}(\Phi_1 - \Phi_2) = -2\lambda + \mu + \nu$$
$$+ \rho \operatorname{sen}\delta\,(-2\lambda + \mu + \nu)$$
$$+ \frac{\rho^2}{2}\left[\cos 2\delta + 2\lambda\,(\cos 2\delta + \operatorname{sen} 2\delta)\right.$$
$$- \mu\,(2\cos 2\delta - \operatorname{sen} 2\delta)$$
$$\left. + \nu \cos\delta\,(\cos\delta + \operatorname{sen}\delta)\right].$$

Senza arrestarmi ad alcuni enunciati relativi a valori particolari dei varii angoli, la conseguenza principale cui conduce l'attuale ricerca è la seguente. Si supponga che i tre angoli λ, μ e ν, dei quali i tre riflettori sono stati spostati, pur essendo piccoli al punto di aversi una sufficiente approssimazione a confonderli coi loro seni, siano sempre abbastanza grandi a confronto di ρ da poter far astrazione dai termini contenenti quest'ultima quantità. Così stando le cose si vede subito, che la distanza delle frangie dipende in ugùale maniera dagli angoli μ e ν e in senso opposto, ma in doppia misura dall'inclinazione λ della lastra di vetro. Quest'ultimo particolare si sarebbe forse potuto prevedere a priori notando che la lastra interviene due volte nel fenomeno ottico complessivo.

DETERMINAZIONE QUANTITATIVA DEL TITANIO IN ALCUNE POZZOLANE ITALIANE

MEMORIA

DEL

Prof. ALFREDO CAVAZZI

(letta nella Sessione ordinaria del 18 Maggio 1919).

In una mia Nota pubblicata l' anno scorso (1) dissi che in questo mi sarei occupato della determinazione quantitativa del titanio nelle quattro pozzolane, in cui feci rilevare soltanto la presenza di questo elemento. Nella quale determinazione ho dato la preferenza al metodo colorimetrico, in qualche caso più acconcio dei metodi ponderali, quantunque da esso non si possano esigere sempre risultati di grande esattezza.

Preparazione della soluzione titolata di acido titanico

Il metodo colorimetrico da me seguìto si distingue per quanto particolarmente riguarda il modo di preparare la soluzione titolata di acido titanico, ma ha in comune con altri il fatto notissimo della trasformazione che produce l' acqua ossigenata in TiO_3 del biossido esistente in una soluzione acida e della conseguente colorazione rosso-aranciata o gialla più o meno chiara secondo la quantità del titanio.

Nel suo Trattato di chimica analitica il Treadwell esprime il parere che il miglior metodo di preparare la soluzinne titolata consiste nel trasformare in solfato di titanio un determinato peso di fluotitanato di potassio, ma come apparisce dalla descrizione è operazione lunga, complicata, non facile e incomoda.

Molto più semplicemente, e forse con maggiore sicurezza, io preparo la soluzione titolata di acido titanico partendo direttamente dal solfato di titanio. Fortunatamente non pochi anni or sono acquistai dal Kahlbaum di questo sale purissimo di cui al presente mio bisogno non occorreva conoscerne la esatta composizione, bastandomi la certezza che calcinato nelle debite condizioni si sarebbe trasformato in pura anidride TiO_2.

Una porzione di questo solfato, previo accurato rimescolamento entro mortaio, fu

(1) Sulla presenza e determinazione dell' anidride fosforica e del titanio in alcune pozzolane italiane.

divisa sollecitamente in due parti disuguali che pesai separatamente entro piccoli tubetti di vetro muniti di tappo. La parte maggiore (g. 0,3188) fu calcinata fortemente entro crogiuolo di platino, sospendendo momentaneamente tre volte il riscaldamento per introdurre nel recipiente piccoli pezzetti di carbonato ammonico a fine di espellere dal sale ogni traccia di acido solforico. Così potei conoscere con precisione la quantità di TiO_2 (g. 0,1083) esistente nella sostanza sottoposta alla calcinazione, e, con una semplice proporzione, quella di TiO_2 (g. 0,0800) contenuta nell' altra porzione del sale non calcinato (g. 0,2357):

$$\text{g. } 0{,}3188 : \text{g. } 0{,}1083 :: \text{g. } 0{,}2357 : x = \text{g. } 0{,}0800.$$

La parte non calcinata (g. 0,2357) fu versata entro bicchiere da precipitato con 10 cc. di acido solforico concentrato, poi si riscaldò il recipiente sul bagno-maria finchè si ottenne uua soluzione limpida, alla quale aggiunsi acqua fredda per portarnè il volume a cc. 800, talchè ogni centimetro cubico della soluzione titolata conteneva g. 0,0001, ossia un decimilligrammo di TiO_2. La forte acidità della soluzione, mentre non nuoce agli effetti dell' acqua ossigenata, giova a impedire o almeno a ritardarne l' intorbidamento e conseguentemente l' abbassamento del suo titolo.

In mancanza di solfato può servire un altro composto qualunque del titanio, purchè sia solubile a caldo nell' acido solforico e trasformabile per calcinazione in puro TiO_2. Nel qual proposito aggiungerò che, oltre il solfato di titanio, io avevo in laboratorio un piccolo vasetto contenente acido titanico non calcinato d' ignota provenienza e di dubbia purezza, solubile però a caldo nell' acido solforico concentrato. Se nella soluzione, allungata prima con molt' acqua e resa limpidissima per filtrazione, si neutralizza con ammoniaca la maggior parte dell' acido solforico e s' aggiunge acetato di sodio o di ammonio e si fa bollire, il titanio precipita, com' è noto, in forma di acido metatitanico $TiO(OH)_2$ il quale, dopo averlo ben lavato con acqua fredda, seccato a temperatura ordinaria e polverizzato, è fornito appunto, come il solfato, delle due qualità acconcie alla preparazione della sopradetta soluzione titolata, operando su di esso nel modo stesso che fu riferito precedentemente. Manifestamente una simile preparazione offre le maggiori garanzie delle qualità essenziali nel prodotto che si ottiene.

Descrizione del processo

Entro capsula di platino (diam. cm. 5 circa) s' introducono g. 0,5 di pozzolana in polvere di grande finezza che si ottiene col mortaio d' agata, impiegando non meno di 30' per polverizzare g. 0,6 circa di sostanza. Indico questa estrema finezza perchè è condizione indispensabile alla buona riuscita del processo.

Si stillano nella capsula 20 gocce di acido solforico allungato con ugual volume di acqua, si aggiungono all' incirca 10 cc. di soluzione di acido fluoridrico e si sva-

pora lentamente sino a secchezza; poi si riscalda maggiormente il recipiente per scacciare dal residuo l' acido solforico libero e carbonizzare ad un tempo la materia organica che contiene sempre l' acido fluoridrico conservato in bottiglie di guttaperca.

Dopo di che si espone la capsula alla fiamma del cannello Bunsen o della soffieria per il tempo brevissimo (1 a 2 minuti) che occorre a far bruciare completamente il carbone, e quando la capsula è ancora rovente si fa raffreddare rapidamente, ponendo il fondo del recipiente a contatto di acqua fredda. Così la sostanza si stacca dalle pareti e può essere facilmente polverizzata nella capsula stessa col pestello liscio di un mortaio di agata o di vetro. La fina polvere così ottenuta, di colore rosso mattone, viene mescolata entro la capsula con g. 4 di pirosolfato di potassio ben polverizzato.

Ciò fatto si pone il recipiente sopra una rete metallica poggiante su fornelletto a molte e piccole fiammelle, e si riscalda per 10 minuti alla temperatura che basta per fondere il pirosolfato, cercando di evitare la perdita di fumi bianchi, ossia la decomposizione di questo sale.

Durante questi 10 minuti di moderato riscaldamento bisogna far scorrere la sostanza fusa su tutti i punti in cui si vedono tracce del residuo primitivo; essa perde così il color rosso mattone dell' ossido di ferro, assumendo quasi sempre una tinta leggermente grigia. Allora si prende la capsula con pinzetta, si toglie la rete metallica e si espone il recipiente per altri 5 minuti alla fiamma diretta, non troppo forte, del fornelletto, finchè la sostanza ha acquistata una colorazione bianco-giallastra, accompagnata da lieve svolgimento di fumi bianchi. Nel caso che questi fossero troppo abbondanti, basterà allontanare un istante la capsula dalla fiamma.

Comparsa questa tinta giallastra si porta colla pinzetta e si tiene la capsula sulla fiamma della soffieria per alcuni minuti. In principio però bisogna riscaldare moderatamente, quanto basta a far prendere alla sostanza fusa una colorazione rosso-aranciata senza grande perdita di fumi bianchi. Raggiunto questo effetto, si dà un breve e forte colpo di fiamma, poi si versa sollecitamente la sostanza ben fusa, fluida e fumante entro piattellino di platino poggiato sopra una superficie bagnata con qualche goccia di acqua fredda. Il bottone che così si ottiene, sempre bianco a freddo, va polverizzato abbastanza finamente entro mortai di vetro all' intento di abbreviarne di molto la soluzione. Allora si mette nella capsula un po' d' acqua e con bacchettino di vetro si stacca la sostanza rimasta nel recipiente per versarla su quella del mortaio, e si lava parecchie volte impiegando in tutto cc. 50 circa di liquido. Indi col pestello del mortaio si spappola accuratamente la sostanza in modo da ridurla in un latte finissimo, il quale viene decantato entro cilindro graduato da cc. 100, piuttosto alto e fornito di piede e di tappo: si lava più volte capsula e mortaio con acqua e si decanta nello stesso cilindro, impiegando in tutto 40 cc. di liquido. Dopo questi lavacri si porta, con aggiunta di acqua, il volume della soluzione torbida esattamente a 100 cc.: appresso si agita per mezz' ora a debiti intervalli e si filtra (diam. del filtro cm. 12).

Quando l' operazione riesce bene il liquido del cilindro, prima della filtrazione, presenta un lieve intorbidamento, probabilmente dovuto a piccole quantità di fosfato od anche di solfato di calcio. In ogni caso la soluzioue filtrata è del tutto priva di colore nonostante la presenza di solfato ferrico.

Si riceve tutta la soluzione che passa sotto il filtro entro cilindro graduato di 100 cc. che distinguerò colla lettera A. Il liquido raccolto quasi sempre misura cc. 98, e potrà essere un po' meno, ma prendiamo questo numero per semplicità di discorso.

In un altro cilindro uguale per forma e grandezza, che chiamerò B, si fa cadere da una buretta cc. 6 della soluzione titolata di acido titanico, ai quali si aggiunge 1 cc. di acqua ossigenata al 3 % e acqua per portarne esattamente il volume a 50 cc. La colorazione gialla che così si ottiene serve benissimo pei debiti confronti.

I due cilindri A e B usati in tutte le mie esperienze avevano pareti di uguale spessore, il diametro interno di mm. 27 e l' altezza della parte graduata di cm. 16; ed è bene non scostarsi molto da queste dimensioni.

Nel cilindro A contenente cc. 98, ossia tutta la soluzione filtrata, s' introducono cc. 2 di acqua ossigenata al 3 % e cc. 2 di acido solforico. Siccome quest' aggiunta produce nella soluzione delle quattro pozzolane, sperimentate nelle medesime condizioni, una colorazione *assai maggiore* di quella che avviene nei 50 cc. della soluzione del cilindro B contenente g. 0,0006 di TiO_2, così conviene versare la soluzione del cilindro A, fortemente colorata dall' acqua ossigenata, in un bicchiere da precipitato da $\frac{1}{2}$ litro circa di capacità: s' aggiunge acqua in quantità conveniente, si agita con bacchetta di vetro, poi si riempie di nuovo il cilindro e si ripassa la soluzione nel bicchiere, e così per due volte. Dopo l' ultima si versano nel cilindro A 50 cc. soltanto della soluzione e si confronta la sua colorazione con quella della soluzione del cilindro B. Si ripete questa semplice operazione finchè le due colorazioni appariscono identiche.

Per arrivare a questo risultato colla soluzione ricavata da g. 0,5 della pozzolana di S. Paolo, ho dovuto portarne il volume da cc. 98 a cc. 380, e con quella di Bacoli, che fra le quattro analizzate è la più scarsa di titanio, a cc. 212.

Riferendomi all' esperimento fatto colla pozzolana di S. Paolo, si ha:

$$\text{cc. } 98 : \text{cc. } 380 :: \text{cc. } 200 : x = \text{cc. } 775$$

cc. 200 è il volume della soluzione che si ricaverebbe da g. 1 di pozzolana.

La quantità di TiO_2 esistente in g. 1 di pozzolana è data dalla proporzione seguente:

$$\text{cc. } 50 : \text{g. } 0{,}0006 \text{ (di } TiO_2) :: \text{cc. } 775 : y = \text{g. } 0{,}0093 \text{ di } TiO_2$$

Conseguentemente la pozzolana di S. Paolo contiene 0,93 % di TiO_2, ossia 0,558 di Ti.

Tutta l' operazione non richiede più di ore 3,5 compreso la polverizzazione della pozzolana, ma esclusa la preparazione della soluzione titolata di acido titanico.

I risultati medi ottenuti dalle molte prove eseguite sulle quattro pozzolane sono i seguenti:

	Anidride titanica	Titanio
Pozzolana romana di S. Paolo (Cava delle Tre Fontane).	0,92 %	0,558 %
Pozzolana romana (Cava di Porta Furba)	0,77 »	0,462 »
Pozzolana di Mugnano (Perugia)	0,83 »	0,498 »
Pozzolana di Bacoli	0,52 »	0,312 »

Non credo necessario di riportare i risultati delle molte e singole analisi eseguite, nelle quali la differenza fra i diversi saggi sono state sempre lievissime, entro i limiti dei piccoli errori inevitabili e tollerati in tutte le analisi, ed inferiori alle mie previsioni.

Il presente specchio recherà forse un po' di sorpresa ai chimici che si sono occupati dell' analisi delle nostre pozzolane, e li farà in pari tempo persuasi che è necessario modificare il processo più generalmente seguito, per il quale una parte del titanio resta in forma di ossido nella silice, e la parte maggiore passa nella soluzione cloridrica: e quando in questa si introduce a caldo un eccesso di ammoniaca, l' idrato di titanio precipita insieme all' idrato ferrico, e come questo non è solubile nella soluzione degl' idrossidi alcalini.

Le operazioni descritte più sopra possono pure essere applicate con vantaggio e maggior sicurezza nella ricerca qualitativa del titanio, a preferenza del saggio che proposi nella mia Nota già citata. A questo fine si introduce in piccola capsula di platino g. 0,1 di pozzolana ridotta in polvere finissima con 3 o 4 cc. di acido fluoridrico e poche gocce di acido solforico diluito: si svapora fino a secchezza e si fa carbonizzare la materia organica e bruciare il carbone: si polverizza il residuo nella capsula stessa e si mescola intimamente con 1 g. circa di pirosolfato potassico: si porta la mescolanza a fusione finchè la sostanza assume colorazione rosso-aranciato con perdita lieve di fumi bianchi. Dopo raffreddamento si versano nella capsula 15 cc. circa di acqua, si spappola accuratamente con pestello, indi si filtra, e nella soluzione limpida si stillano poche gocce di acido solforico diluito e di acqua ossigenata. Il saggio può essere eseguito in poco più di un' ora, tutto compreso.

Ricerche per altri processi

Prima del processo, che dirò all' acido fluoridrico, feci molti tentativi per far passare in soluzione il titanio delle pozzolane mediante l' acido solforico bollente e convenientemente allungato con acqua.

In un matraccino conico della capacità di 100 cc. circa introducevo g. 1 di pozzolana in polvere di *estrema finezza*, 5 cc. di acido solforico concentrato e 10 cc. di

acqua. Al matraccino era applicato un buon tappo portante un tubo piegato a squadra che si faceva comunicare con un apparecchio refrigerante a ricadere. Si portava il liquido a molto moderata ebollizione e in questa condizione era mantenuto per 6 ore. Dopo raffreddamento introducevo nel matraccio sollecitamente 40 cc. circa di acqua fredda e versavo il liquido torbido entro un cilindro graduato a piede da 100 cc. e coll' acqua di lavaggio ne portavo il volume esattamente a 100 cc. Dopo breve agitazione versavo il liquido torbido entro grande filtro (diam. cm. 12) e raccoglievo entro cilindro graduato 50 cc. della soluzione filtrata, corrispondente perciò a quella ricavata da g. 0,5 di pozzolana. Le operazioni seguenti erano condotte come si è detto nel metodo precedente.

Qualora i risultati fossero stati buoni per tutte le pozzolane avrei preferito questo metodo in ragione della sua semplicità non ostante le 6 ore di ebollizione, durante le quali non havvi bisogno di alcuna sorveglianza. L' avrei preferito se si potesse pure escludere nelle pozzolane, nelle quali la silice è il costituente più abbondante, la presenza del rutilo che non si scioglie quasi affatto a caldo nell' acido solforico concentrato e tanto meno nell' acido un po' allungato con acqua.

Sottoposto a questo trattamento la pozzolana di S. Paolo e quella della cava di Porta Furba danno risultati non diversi da quelli del processo all' acido fluoidrico: la pozzolana di Mugnano, risultato di poco inferiore, mentre la differenza è forte per quella di Bacoli.

Queste differenze nei risultati dei due processi trovano la loro corrispondenza e spiegazione nella quantità della sostanza bianca che rimane indisciolta nell' acido solforico dopo sei ore di ebollizione. La pozzolana di S. Paolo lascia di residuo 47,76 % quella della cava di Porta Furba 51,4 %: quella di Mugnano, 54,64 % e quella di Bacoli 74,24 %.

Di riscontro la pozzolana di S. Paolo contiene 45,5 % di silice, quella di Porta Furba non mi è nota, ma è da credere poco diversa: quella di Mugnano ne contiene 46,94 %, e quella di Bacoli, secondo Rebuffat 52,77 % e secondo Luiggi e Cardi 56,20 %.

Da questi fatti si è tratti a concludere che il processo all' acido solforico darà risultati buoni e soddisfacenti quando il residuo lasciato dall' acido solforico dopo 6 ore di ebollizione non si scosta molto dalla quantità di silice contenuta nella pozzolana, ossia quando la disgregazione non si allontana molto dall' essere completa.

Durante queste ricerche mi accadde un fatto meritevole di essere conosciuto. Allorchè nel matraccio dell' apparecchio testè descritto feci bollire per 4 ore g. 1 di polvere finissima della pozzolana di S. Paolo con cc. 5 di acido solforico puro senza aggiunta di acqua, e conducendo l' operazione come ho detto precedentemente, nella soluzione finale filtrata non trovai traccia alcuna di titanio. Per darmi spiegazione del fatto stesso non preveduto e inaspettato, entro piccolo bicchiere preparai a calore moderato una soluzione concentrata di solfato di titanio in acido solforico puro, la quale portata all' ebollizione diede subito un precipitato polverulento grigio che causò sussulti tanto violenti da dover sospendere il riscaldamento.

Feci pure oggetto di infruttuose ricerche il metodo seguente.

Entro grande crogiuolo di platino feci fondere e disgregare g. 0,5 della pozzolana di S. Paolo ridotta in polvere finissima con g. 5 di carbonato sodico potassico. Dopo raffreddamento introdussi a poco a poco nel crogiuolo stesso cc. 10 di acido solforico allungato con ugual volume di acqua, più che sufficienti per convertire i due carbonati in solfati acidi. Nel crogiuolo rimane infine una soluzione molto torbida per tenere in sospensione della silice idrata. La soluzione fu versata in capsula di platino insieme alla poca acqua di cinque lavaggi fatti ogni volta con 1 cc. di liquido. Feci svaporare la soluzione torbida a calor moderato, poggiando la capsula su rete metallica, agitando blandamente con bacchettino di vetro. Il residuo avente l' apparenza di salda d' amido fu riscaldato a temperatura maggiore per scacciare l' acido solforico libero, poi più forte per convertire i solfati acidi in pirosolfati, infine colle debite cautele sulla fiamma della soffieria sino a fondere i pirosolfati e a far assumere alla sostanza la colorazione rosso-aranciato. Sulla sostanza fusa galleggia la silice bianca. La sostanza fusa fu versata entro piattellino di platino, e le operazioni seguenti vennero praticate come nel processo all' acido fluoridrico. Forse in causa della imbarazzante presenza della silice, i risultati di parecchie prove non riuscirono concordanti e sempre non poco inferiori al vero. Non considero tuttavia tempo perduto l' aver dimostrato che un processo, in apparenza almeno logico e razionale, non riesce o, più prudentemente, a me non è riuscito.

Dirò per ultimo che se avessi avuto in laboratorio un forno da poter produrre una temperatura di 2000° circa avrei appagata la curiosità di provare se mescolando alla polvere della pozzolana di S. Paolo la metà, ad esempio, del suo peso di ematite, un po' di calce e la quantità di carbone bastevole a ridurre tanto l' ossido di ferro aggiunto, quanto quello esistente nella pozzolana, si fosse ottenuto una lega di ferro-titanio e in quali proporzioni dei due elementi. È noto che da qualche anno il titanio in lega col ferro è entrato nella industria siderurgica in virtù del suo energico potere riducente e soprattutto come elemento atto a neutralizzare nell' acciaio gli effetti nocivi dell' azoto.

RICERCHE DI MAGNETOIONIZZAZIONE NELLE FIAMME

NOTA

DEL

Prof. LAVORO AMADUZZI

letta nella Sessione del 12 Gennaio 1919.

1. - Come è noto, il Prof. A. Righi, in conseguenza dei suoi studi sperimentali sull'influenza del campo magnetico sulle scariche ebbe a riconoscere che non era sufficiente ricorrere, come gli altri avevano fatto, all'idea che per spiegare i fatti bastasse prendere in considerazione le deviazioni subite dai ioni e dagli elettroni; ma che oltre a modificare le traiettorie il campo magnetico eserciti qualche altra azione speciale.

Donde la ben nota (1) sua teoria della magnetoionizzazione, della quale i concetti fondamentali sono i seguenti che qui richiamo per migliore intelligenza di ciò che più oltre dovrò dire.

Quando un atomo è esposto all'azione di un campo magnetico, questo produce una forma agente su ciascuno degli elettroni facenti parte della struttura dell'atomo, eguale a quella che agirebbe sulla corrente elettrica, alla quale l'elettrone in moto è equivalente. Se quindi consideriamo uno degli elettroni satelliti, suscettibile di essere staccato dall'atomo per effetto d'un elettrone libero o di un ione, la nuova forza, a seconda della direzione sua, potrà far sì, che l'energia, occorrente al distacco dell'elettrone sia più piccola o sia più grande, di quella che sarebbe richiesta, qualora quel campo magnetico non esistesse. Supponiamo, per esempio, che l'elettrone percorra un'orbita circolare, e che il campo magnetico esterno sia diretto perpendicolarmente al piano di tale orbita. La forza agente sull'elettrone (dovendo essere in pari tempo perpendicolare alla velocità di questo e alla direzione del campo) sarà diretta secondo il raggio della circonferenza; e a seconda del verso in cui il campo agisce, la forza stessa sarà, o diretta verso il centro dell'orbita o verso l'esterno. Nel primo caso risulterà evidentemente aumentato, e nel secondo caso diminuito, l'ammontare dell'energia richiesta al distacco dell'elettrone dall'atomo di cui fa parte. Se il campo non è diretto per-

(1) A. Righi. — I fenomeni elettro-atomici nel campo magnetico. Bologna, Zanichelli 1918.

pendicolarmente al piano dell'orbita, la sua azione sarà simile, ma di minor grandezza, in quanto che sarà della sola componente perpendicolare al detto piano, che si dovrà tener conto.

Il campo magnetico deve dunque certamente influire, in un senso o nell'altro, sulla ionizzazione delle molecole gassose. Orbene, i casi nei quali la ionizzazione è facilitata prevalgono su quelli in cui essa è invece ostacolata; e ciò si deve all'orientazione magnetica delle molecole del gas, che altro non è che l'effetto risultante dell'orientazione, che il campo magnetico tende a dare alle orbite degli elettroni satelliti, in quanto che possono supporsi sostituite dalle equivalenti correnti chiuse.

Tenendo conto della regola, con cui si definisce il verso, secondo cui agiscono le forze elettromagnetiche, il Righi è giunto a dimostrare la proposizione seguente, che costituisce il cardine della sua teoria, e cioè: che l'orientazione, che tende ad assumere nel campo magnetico l'orbita di un elettrone, è precisamente quella per la quale, la forza elettromagnetica applicata all'elettrone girante è diretta verso l'esterno dell'orbita da esso percorsa.

2. - Mi è parso opportuno indagare se manifestazioni di magnetoionizzazione si avessero facendo agire un campo magnetico sulla corrente attraversante una fiamma. Si sa infatti che la conducibilità della fiamma ha carattere di convezione ionica; forse in un senso misto di convezione elettrolitica (dovuta questa con ogni probabilità a vapori salini sviluppati a bella posta in seno alla fiamma o formatisi spontaneamente dagli elettrodi) e di convezione gassosa con prevalenza marcata di quest'ultima, se si deve giudicare dalla forma delle curve di conducibilità, (fig. 1) fornite in un ben noto (1) studio del Moreau, che pur ricordando per il loro andamento generale quelle relative ad un gas ionizzato coi raggi X, hanno tuttavia meno di queste la parte ultima inclinata verso l'asse delle forze elettromotrici.

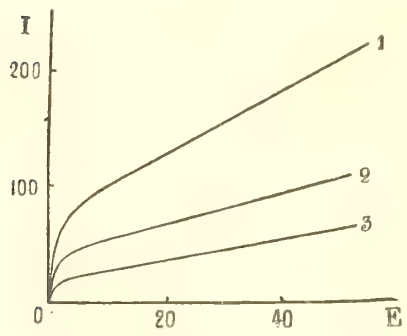


fig. 1

Previsioni era difficile farne perchè fra altro non mi pare ben certa la nozione della costituzione molecolare delle varie parti di una fiamma, nel senso che ben difficilmente può escludersi in modo sicuro, specialmente per le regioni più calde, che tutte o quasi le molecole siano dissociate in ioni elettrolitici ovvero in ioni ed elettroni; talchè all'azione del campo potrebbe non rimanere possibilità di facilitare una qualsiasi ionizzazione. Ma, anche ammessa una possibilità in tale senso, le nozioni che sulla fiamma si possono desumere dalla teoria cinetica sono, nei riguardi di una eventuale magnetoionizzazione, indeterminate, in tesi generale perchè manca la cognizione della fisionomia, dirò così, cinetica di una fiamma.

(1) Ann. de Chim. et de Phys. 1904.

In base ai concetti richiamati sulla magnetoionizzazione è ovvio che la possibilità di questa è legata al numero più o meno grande di urti delle molecole gassose, o in altre parole al valore più o meno grande del libero cammino medio. Con urti troppo frequenti, ovvero con libero cammino troppo piccolo, non sarà lecito attendersi effetti di magnetoionizzazione.

Orbene, secondo Jeans (1904), si hanno per il libero cammino medio delle molecole le seguenti espressioni:

$$l = \eta \frac{1}{0{,}35\, Dv} = \frac{X}{1{,}6077\, C_v} \cdot \frac{1}{0{,}35\, Dv} = \frac{\delta}{1{,}34} \cdot \frac{1}{0{,}35 v},$$

dove

η = coefficiente di viscosità del gas
D = massa dell'unità di volume del gas
X = conducibilità calorifica del gas
C_v = calore specifico del gas a volume costante
δ = coefficiente di diffusione delle molecole del gas nel gas medesimo
v = velocità media di agitazione delle molecole.

Talchè, ammessa (il che, naturalmente, non è rigoroso) una costituzione media omogenea per la fiamma, considerata come un gas a temperatura elevata, sarebbe da pensare che questa, influendo in senso opposto sulle densità e sulle velocità di agitazione con effetto prevalente dall'una sull'altra, desse una condizione favorevole alla magnetoionizzazione.

Pensiero questo legittimo forse per un gas ordinario, se si tien conto da un lato della equazione caratteristica, e dall'altro della espressione:

$$v = 0{,}9219 \sqrt{\frac{3\, R\Theta}{M}},$$

che dà il valore della velocità media v di agitazione termica delle molecole in funzione della costante R del gas perfetto, della massa molecolare M del gas medesimo, e della temperatura assoluta Θ.

Ma la fiamma è tale edificio gassoso, sul conto del quale è ancora ben difficile dire, anche a riguardo di una determinata ragione di essa, come vari la densità in funzione della temperatura; precisamente come è sconosciuto il regime della distribuzione della pressione.

Altrettanto può osservarsi a riguardo della velocità di agitazione, anche se si pensa che la legge della equipartizione deve venir meno tanto per la velocità di assieme dell'efflusso gassoso come per l'intervento dell'affinità chimica.

3. - Le disposizioni sperimentali delle quali feci uso furono due.

Nella prima utilizzai il campo magnetico di una potente elettro-calamita ad asse orizzontale. Nell'intraferro di questa elettro-calamita veniva posto il sistema di elettrodi rappresentati secondo due visuali ortogonali dalle figure 2 e 3.

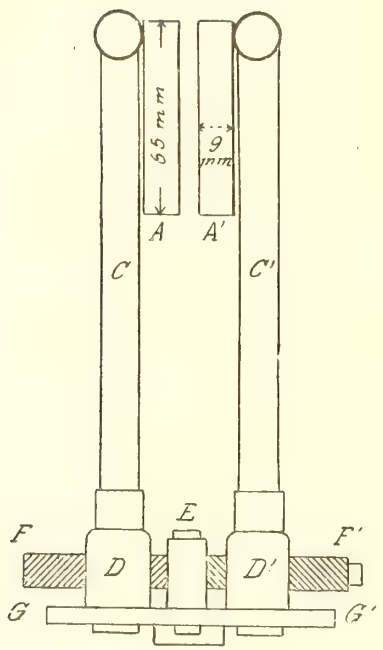


fig. 2

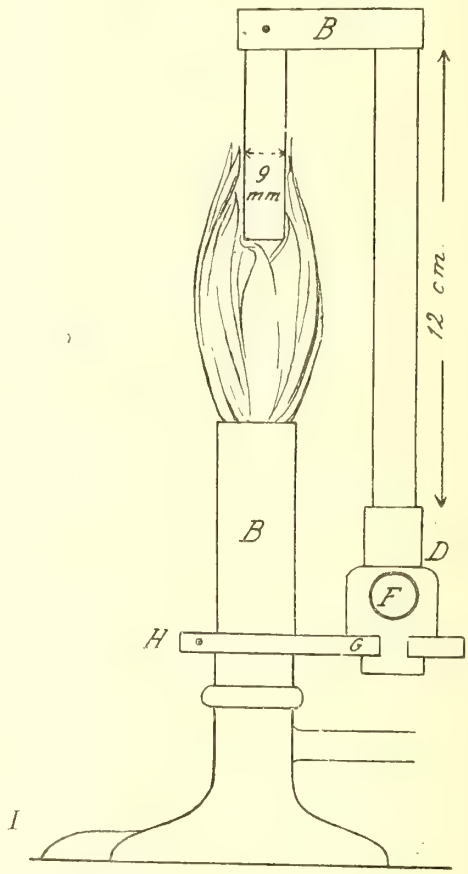


fig. 3

Si tratta di due elettrodi primastici di carbone di storta A ed A' (fig. 2) sostenuti da pezzi metallici orizzontali B (fig. 3) recanti serrafili, fissati a loro volta alle estremità superiori di due colonne di vetro C e C' incastrate inferiormente in pezzi metallici D e D' forniti di madre-viti convenienti per essere attraversate da un asse orizzontale foggiato a vite in senso opposto nelle sue due metà EF ed EF'. I pezzi metallici D e D' erano mobili entro guide praticate lungo una lamina $G\ G'$ sostenente nel suo mezzo l'appoggio E della vite doppia e recante un colletto H per fissare il tutto ad un becco Bunsen, nella cui fiamma venivano ad immergersi gli elettrodi A ed A'. Col movimento della vite, ottenuti mediante una chiave adattabile in F', si potevano così allontanare od avvicinare fra loro gli elettrodi medesimi.

La base del becco Bunsen munita di un indice I in posizione opportuna era girevole intorno ad un asse verticale su una piattaforma munita di quadrante graduato.

Si poteva con tale disposizione dare al sistema degli elettrodi inclinazione varia rispetto alla direzione del campo, e si poteva altresì variare a volontà con spostamenti micrometrici la distanaa mutua degli elettrodi medesimi.

Nella seconda disposizione sperimentale utilizzai il campo magnetico creato da due grossi rocchetti RR ed $R'R'$ (fig. 4) uguali e disposti col loro asse verticale. La regione cilindrica cava I dei due rocchetti e il tratto interposto M fra le estremità polari affacciate di questi venivano utilizzati per il collocamento della fiamma e del sistema di elettrodi in essa contenuto e da sottoporsi ad esperienza.

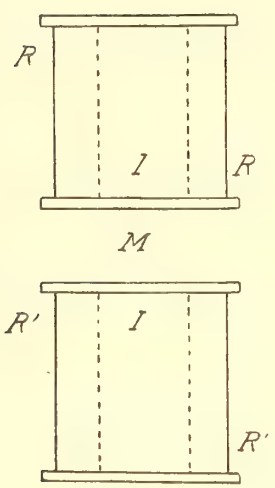


fig. 4

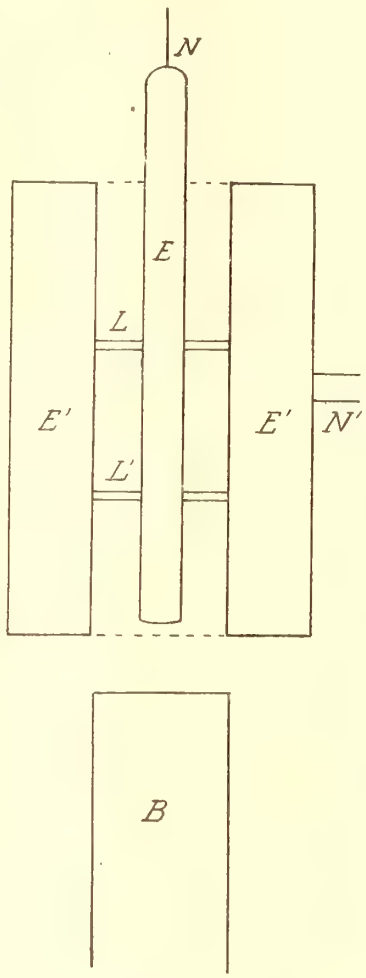


fig. 5

Tale sistema di elettrodi è rappresentato dalla figura 5 ed è costituito da due cilindri di carbone E ed E', l'uno, l'interno, pieno, l'altro, l'esterno, cavo; ciascuno munito di serrafili N ed N', tali da permettere un buon collegamento coi poli di una batteria di accumulatori. Per mantenerli in posizione reciproca ben stabile, lungo il cilindro cavo erano internamente disposti in L ed L' a distanza dalla sommità di questo di un terzo e due terzi rispettivamente della sua lunghezza due pezzi di mica (ciascuno

foggiato come mostra la fig. 6) tali da trattenere entro il foro circolare *C* il cilindro interno, lasciando tuttavia adito per gli incavi *M* al libero passaggio verso l'alto del gas della fiamma fornita dal becco Bunsen *B*.

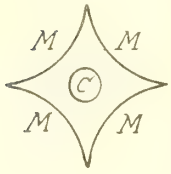


fig. 6

Tanto nella prima disposizione come nella seconda gli elettrodi, attraverso ad un interruttore inversore, erano collegati coi poli di una serie di piccoli accumulatori a numero di elementi variabile; e nel circuito della elettro-calamita adoperata erano inclusi un interruttore inversore, un amperometro ed un reostato.

Nelle due disposizioni la sensibilità del galvanometro usato era tale per cui si potevano apprezzare i 5 centesimi di microampère.

Orbene, qualunque fosse il valore della differenza di potenziale (sino a quello per cui con ulteriore suo aumento si originasse una scarica distruttiva) agli elettrodi immersi nella fiamma per la prima e per la seconda disposizione; qualunque, per entrambe le disposizioni, la direzione della corrente sulla fiamma rispetto a quella del campo, e qualunque la distanza degli elettrodi per la prima posizione, non mi fu possibile constatare alcun effetto di magnetoionizzazione, pur avendo operato entro limiti molto ampli per il valore del campo.

Le fiamme da me usate furono fiamme pure e salate (con NaCl) di gas illuminante in becchi Bunsen.

UTILIZZAZIONE DI SERBATOI CON PORTATA ESTIVA MAGGIORE DELLA PORTATA INVERNALE

MEMORIA

DEL

Prof. UMBERTO PUPPINI

(letta nella Sessione del 24 novembre 1918)

1. — La portata regolata da un lago artificiale di capacità utile V - utilizzante le precipitazioni di un bacino imbrifero di area A, pel quale sia cT (c costante) il rapporto fra il volume di acqua affluente al lago in periodo critico di durata T (volume dovuto alle precipitazioni durante il periodo T) e le precipitazioni durante esso periodo critico, e sia $h = a\ T^n$ (h altezza di precipitazione durante il periodo critico T) la equazione segnalatrice della possibilità climatica base idrologica del calcolo della efficienza del lago - è data da

a) $$Q = \left(1 + \frac{1}{n}\right) (acn\ A)^{\frac{1}{n+1}}\ V^{\frac{n}{n+1}},$$

mentre la durata di periodo critico che pone a maggior cimento l'attitudine regolatrice del lago è data dalla formula

b) $$T = \sqrt[n+1]{\frac{V}{acnA}}.$$

Si intende che la a) rappresenta semplicemente il risultato della azione regolarizzatrice del lago, e che l'intera portata su cui si può fare assegnamento risulta aggiungendo alla a) la portata regolata da altri laghi eventualmente esistenti a monte nello stesso bacino imbrifero e la portata di naturale esaurimento nel bacino delle precipitazioni precedenti il periodo critico, la cui durata T è indicata dalla b).

Per la intelligenza delle formule a), b) e dei concetti da cui esse scaturiscono, rimando alla memoria fondamentale del Fantoli « Curve segnalatrici della possibilità climatica e loro applicazione idraulica » pubblicata nei Rendiconti del Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere (anno 1913) e nel Giornale del Genio Civile (anno 1917).

2. — Debbo qui ricordare, come introduzione alle osservazioni che intendo svolgere in questa nota, che i parametri a, n della equazione $h = a\ T^n$ base idrologica del

calcolo della efficienza del lago sono ottenuti con riferimento alle effemeridi meteorologiche di stazioni importanti nelle quali le osservazioni vengano regolarmente fatte da molte decine di anni, avuto naturalmente riguardo (per ciò che riflette il coefficiente a) al rapporto tra la precipitazione nel bacino imbrifero del lago e la precipitazione nella località di solito assai più a valle in cui è la stazione meteorologica a lunga effemeride.

La ricerca dei casi critici nella lunga serie meteorologica è fatta spaziando per tutta la serie e senza preferenza alcuna per dati mesi o stagioni dell'anno. Ne viene che il rischio di irregolarità di funzionamento relativo alla equazione di possibilità climatica base del calcolo corrisponde alla condizione di fatto che la portata indicata dalla a) sia derivata in maniera praticamente uguale per tutto l'anno, salvo, si intende, interruzioni, diminuzioni o intensificazioni reciprocamente compensate di durata come qualche ora, qualche giorno o anche qualche settimana, cioè di durata breve in confronto a quella (qualche mese) dei periodi critici.

3. — Può presentarsi il caso, non frequente peraltro, di serbatoi la cui utilizzazione si voglia limitata a soli alcuni mesi dell'anno, o, con più frequente riscontro reale, il caso di serbatoi nei quali la derivazione di acqua si voglia aumentata in misura sensibile in alcuni successivi mesi dell'anno in confronto dei rimanenti mesi. Così è di serbatoi le cui acque vengano atilizzate, o solamente per irrigazioni estive, o piuttosto tanto per produzione di energia quanto per irrigazioni estive.

Qualora, o per il funzionare della officina idroelettrica alimentata dal serbatoio in parallelo con altre officine, o per potersi fare assegnamento su sufficienti riserve termiche, si ritenga di dover dare la preferenza alla considerazione dei rischi di scarsità di acqua per l'uso della irrigazione in confronto dei rischi di scarsità di acqua per la produzione di energia, allora conviene prendere in particolare considerazione gli eventi critici che la passata esperienza ci presenta come interamente o parzialmente contenuti nei mesi nei quali la riserva è utilizzata doppiamente, per produzione di energia e per gli usi della irrigazione.

Ponendosi in tale ordine di idee, viene di conseguenza che il numero dei casi critici da considerarsi diminuisce, e quindi la previsione della possibili evenienze climatiche si fa più ottimista che non quando si considerino tutti i casi critici in qualunque stagione dell'anno si presentino. Segue ancora che, stabilito il rischio di scarsità di acqua in cui si creda di incorrere durante il tempo della irrigazione, la portata regolabile dal lago risulta più grande che non quella ricavata dalla a) quando in essa i coefficienti climatici a, n abbiano il significato ricordato nel N. 1; e quindi risulta maggiore la portata fornita ai campi irrigui. Riducendo la portata nei mesi in cui non si affettua la irrigazione in modo che la portata media annua sia quella corrispondente alla desiderata produzione annua di energia, il concetto ora esposto di utilizzazione della riserva presenta, rispetto all'avviamento con portata costante uguale alla detta portata media, le seguenti caratteristiche:

1. Maggiore quantità di acqua data ai campi irrigui;
2. La medesima produzione annua di energia.

Si suppone naturalmente, come già si è accennato, che sia tollerabile per parte degli impianti di produzione e di utilizzazione dell' energia un aumennto del numero di volte in cui si incorra in deficienze di portata, in confronto di ciò che accade nell' avviamento con portata costante uguale alla portata media del regime considerato a portata non costante. Il numero di probabili deficienze, in un periodo di anni uguale a quello cui corrisponde la effemeride meteorologica assunta a base dello studio, è calcolabile, stando, bene si intende, nell' ordine di larga approssimazione di queste ricerche. Indicando, infatti, con

Q_e la portata derivata negli e mesi di irrigazione,

Q_r la portata derivata nei restanti r mesi dell' anno,

Q_m la portata derivata media nell' anno,

$N_{\underset{Q_e}{e}}$ il numero di casi di deficienza di acqua prevedibili nei mesi di irrigazione per effetto della portata realmente derivata Q_e e di casi critici interamente contenuti nei mesi e,

$N_{\underset{Q_r}{r}}$ il numero di casi di deficienza prevedibili negli r mesi senza irrigazione per effetto della portata realmente derivata Q_r e di periodi critici interamente contenuti in essi r mesi,

$N_{\underset{Q_m}{a}}$, $N_{\underset{Q_m}{e}}$, $N_{\underset{Q_m}{r}}$ il numero di casi di deficienza prevedibili per effetto della portata Q_m rispettivamente in tutto l' anno, negli e mesi di irrigazione per periodi critici interamente contenuti in essi e mesi, e negli r mesi senza irrigazione per periodi critici interamente contenuti in essi r mesi,

N_a il numero effettivo di casi di deficienza con avviamento a portata Q_e nei mesi di irrigazione e Q_r nei restanti mesi dell' anno,

può ritenersi con approssimazione:

c) $$N_a = N_{\underset{Q_e}{e}} + N_{\underset{Q_r}{r}} + N_{\underset{Q_m}{a}} - \left(N_{\underset{Q_m}{e}} + N_{\underset{Q_m}{r}} \right),$$

mentre il numero di probabili deficienze effettivamente subite dalla distribuzione per irrigazione, numero che indicheremo con N_e, risulta approssimativamente dato da

d) $$N_e = N_{\underset{Q_e}{e}} + \frac{N_{\underset{Q_m}{a}} - \left(N_{\underset{Q_m}{e}} + N_{\underset{Q_m}{r}} \right)}{2}.$$

4. — Meglio sarà chiarito quanto sopra dalle considerazioni che seguono che hanno concreto rifornimento a una determinata regione, l'Appennino bolognese, e a un determinato periodo di irrigazione, irrigazione estiva dal principio di aprile alla fine di settembre.

Utilizzeremo le effemeridi meteorologiche dell' Osservatorio della Università di Bologna per il centennio 1813-1912, effemeridi che già servirono per lo studio delle « Curve segnalatrici di possibilità climatica per l'Appennino bolognese » (1).

(1) *Monitore tecnico*, anno 1914, num. 29.

A norma di quanto è sopra esposto, occorre conoscere, oltre che la relazione metrica fra durata di un periodo di scarse precipitazioni e quantità di precipitazioni in esso periodo in qualunque tempo dell' anno l' evento critico si presenti (relazione metrica che già è stata ricavata), anche la relazione metrica fra la durata di un periodo di scarse precipitazioni nei mesi estivi (aprile-settembre) e quantità di precipitazioni e la relazione metrica fra la durata di un periodo di scarse precipitazioni nei mesi invernali (ottobre-marzo) e quantità di precipitazioni. Occorre, cioè, di ricercare quali sono state le più scarse precipitazioni verificatesi in un mese, quali le più scarse in due mesi consecutivi, quali le più scarse in tre, quattro, cinque, sei mesi consecutivi separatamente nei mesi estivi e nei mesi invernali del centennio 1813-1912.

La ricerca è stata fatta per le quindici più scarse precipitazioni per ognuna delle durate predette. Quando due o più periodi critici della stessa durata si sono trovati ad avere comune parte della loro durata, è stato tenuto conto solo di quello cui corrisponde la più piccola precipitazione.

I risultati sono raccolti nelle tabelle seguenti. Sono omesse le tabelle per la durata di un solo mese, essendo le corrispondenti quindici precipitazioni più critiche sensibilmente nulle.

TABELLA I.

Precipitazioni minime in mm. a Bologna per le durate da 2 a 6 mesi interi e successivi nei mesi estivi (aprile-settembre) del periodo di anni 1813-1912.

DUE MESI

1821	luglio-agosto	mm.	5,1
1895	agosto-settembre	»	7,9
1836	giugno-luglio	»	9,0
1828	» »	»	9,5
1853	luglio-agosto	»	11,3
1902	» »	»	11,7
1832	agosto-settembre	»	12,5
1830	luglio-agosto	»	13,2
1880	» »	»	17,3
1817	» »	»	20,5
1823	» »	»	20,8
1851	giugno-luglio	»	21,5
1883	luglio-agosto	»	23,3
1889	agosto-settembre	»	24,2
1870	aprile-maggio	»	25,0

TRE MESI

1828	maggio-luglio	mm.	21,0
1836	giugno-agosto	»	25,0
1851	» »	»	31,5
1902	luglio-settembre	»	35,4
1895	» »	»	38,3
1834	» »	»	42,0
1849	giugno-agosto	»	43,6
1821	luglio-settembre	»	47,6
1823	giugno-agosto	»	48,2
1866	» »	»	53,0
1824	luglio-settembre	»	56,1
1890	» »	»	56,7
1904	maggio-luglio	»	57,4
1817	luglio-settembre	»	58,7
1888	luglio-agosto	»	58,7

QUATTRO MESI

1828	maggio-agosto	mm.	37,0
1836	giugno-settembre	»	47,0
1902	» »	»	64,7
1834	» »	»	65,5
1825	aprile-luglio	»	70,2
1890	giugno-settembre	»	82,4
1879	» »	»	84,0
1849	maggio-agosto	»	84,1
1904	» »	»	86,9
1822	giugno-settembre	»	91,5
1888	maggio-agosto	»	92,6
1882	» »	»	93,3
1872	» »	»	99,0
1839	giugno-settembre	»	101,5
1864	» »	»	103,8

CINQUE MESI

1828	maggio-settembre	mm.	52,3
1823	aprile-agosto	»	88,7
1834	maggio-settembre	»	89,0
1890	» »	»	114,2
1830	aprile-agosto	»	115,7
1872	maggio-settembre	»	118,0
1817	aprile-agosto	»	125,1
1822	maggio-settembre	»	126,4
1888	aprile-agosto	»	133,4
1825	» »	»	135,1
1882	» »	»	135,4
1820	» »	»	150,6
1847	» »	»	152,5
1871	maggio-settembre	»	154,5
1849	» »	»	155,0

SEI MESI

1828	aprile-settembre	mm.	70,3
1834	» »	»	111,5
1823	» »	»	138,7
1890	» »	»	151,4
1817	» »	»	163,3
1872	» »	»	166,0
1871	» »	»	175,5
1865	» »	»	179,5
1824	» »	»	181,9
1888	» »	»	185,6
1847	» »	»	187,0
1836	» »	»	192,0
1861	» »	»	192,1
1825	» »	»	198,4
1837	» »	»	202,5

TABELLA II.

Precipitazioni minime in mm. a Bologna per le durate da 2 a 6 mesi interi e successivi nei mesi invernali (ottobre-marzo) del periodo di anni 1813-1912.

DUE MESI

febbraio-marzo 1822	mm.	0,0
gennaio-febbraio 1849	»	0,0
dicembre 1879 - gennaio 1880	»	0,0
gennaio-febbraio 1825	»	1,5
febbraio-marzo 1850	»	3,5
» » 1854	»	5,5
dicembre 1835 - gennaio 1836	»	7,5
febbraio-marzo 1907	»	7,9
novembre-dicembre 1831	»	10,0
dicembre 1832 - gennaio 1833	»	10,0
gennaio-febbraio 1846	»	10,5
dicembre 1843 - gennaio 1844	»	11,5
gennaio-febbraio 1824	»	12,8
» » 1840	»	13,0
» » 1859	»	13,3

TRE MESI

gennaio-marzo 1822	mm.	2,0
dicembre 1848 - febbraio 1849	»	2,0
gennaio-marzo 1825	»	7,3
» » 1850	»	8,5
» » 1907	»	12,4
dicembre 1879 - febbraio 1880	»	18,0
» 1834 - » 1835	»	21,5
» 1845 - » 1846	»	23,5
novembre 1823 - gennaio 1824	»	25,1
gennaio-marzo 1854	»	27,0
» » 1859	»	28,8
dicembre 1836 - febbraio 1837	»	29,0
» 1902 - » 1903	»	29,8
» 1833 - » 1834	»	32,0
gennaio-marzo 1840	»	38,0

QUATTRO MESI

dicembre 1879 - marzo 1880	mm.	25,0
novembre 1824 - febbraio 1825	»	27,5
» 1823 - » 1824	»	37,4
dicembre 1848 - marzo 1849	»	41,5
» 1833 - » 1834	»	47,0
» 1827 - » 1828	»	50,0
» 1853 - » 1854	»	54,0
» 1851 - » 1852	»	57,0
» 1821 - » 1822	»	58,8
» 1836 - » 1837	»	61,0
» 1906 - » 1907	»	63,6
» 1849 - » 1850	»	65,5
» 1902 - » 1903	»	72,8
ottobre 1834 - gennaio 1835	»	74,0
» 1832 - » 1833	»	77,0

CINQUE MESI

novembre 1824 - marzo 1825	mm.	33,3
» 1827 - » 1828	»	59,3
» 1821 - » 1822	»	76,1
» 1823 - » 1824	»	76,3
ottobre 1834 - febbraio 1835	»	80,0
novembre 1879 - marzo 1880	»	80,0
» 1857 - » 1858	»	106,5
» 1902 - » 1903	»	106,6
» 1906 - » 1907	»	107,0
» 1833 - » 1834	»	109,5
» 1881 - » 1882	»	116,4
» 1836 - » 1837	»	119,0
ottobre 1840 - febbraio 1841	»	121,5
» 1883 - » 1884	»	122,3
novembre 1848 - marzo 1849	»	126,0

SEI MESI

ottobre 1824 - marzo 1825	mm.	68,3
» 1827 - » 1828	»	131,3
» 1879 - » 1880	»	140,0
» 1834 - » 1835	»	144,0
» 1840 - » 1841	»	144,5
» 1833 - » 1834	»	145,0
» 1823 - » 1824	»	150,0
» 1909 - » 1910	»	164,0
» 1906 - » 1907	»	166,3
» 1821 - » 1822	»	175,1
» 1841 - » 1842	»	177,0
» 1843 - » 1844	»	204,0
» 1849 - » 1850	»	204,5
» 1836 - » 1837	»	206,0
» 1815 - » 1816	»	208,8

5. — Gli elementi delle tabelle vengono discretamente bene rappresentati da curve di equazione

$$h = a\,T^n,$$

dove h esprime l'altezza di precipitazione, T la durata del periodo critico, a, n, parametri che assumono valori determinati per la curva dei casi critici di 1° ordine, altri valori per la curva dei casi critici di 2° ordine, e così via.

Nel caso nostro si può assumere, esprimendo le h in millimetri e le T in mesi e partendo dei casi critici minimi assoluti :

MESI ESTIVI		MESI INVERNALI	
1')	$h = 2{,}30\,T^{1{,}98}$	1'')	$h = 0{,}58\,T^{2{,}36}$
2')	$h = 4{,}47\,T^{1{,}81}$	2'')	$h = 1{,}14\,T^{2{,}66}$
3')	$h = 5{,}37\,T^{1{,}78}$	3'')	$h = 1{,}16\,T^{2{,}66}$
4')	$h = 6{,}60\,T^{1{,}73}$	4'')	$h = 1{,}18\,T^{2{,}66}$
5')	$h = 7{,}00\,T^{1{,}73}$	5'')	$h = 1{,}20\,T^{2{,}66}$
6')	$h = 7{,}26\,T^{1{,}73}$	6'')	$h = 1{,}28\,T^{2{,}65}$
7')	$h = 7{,}52\,T^{1{,}73}$	7'')	$h = 1{,}37\,T^{2{,}64}$
8')	$h = 7{,}78\,T^{1{,}73}$	8'')	$h = 1{,}46\,T^{2{,}63}$
9')	$h = 8{,}04\,T^{1{,}73}$	9'')	$h = 1{,}55\,T^{2{,}62}$
10')	$h = 8{,}30\,T^{1{,}73}$	10'')	$h = 1{,}65\,T^{2{,}60}$
11')	$h = 8{,}46\,T^{1{,}73}$	11'')	$h = 1{,}88\,T^{2{,}57}$
12')	$h = 8{,}62\,T^{1{,}73}$	12'')	$h = 2{,}11\,T^{2{,}54}$
13')	$h = 8{,}78\,T^{1{,}73}$	13'')	$h = 2{,}34\,T^{2{,}50}$
14')	$h = 8{,}94\,T^{1{,}73}$	14'')	$h = 2{,}57\,T^{2{,}46}$
15')	$h = 9{,}10\,T^{1{,}73}$	15'')	$h = 2{,}80\,T^{2{,}42}$

Le equazioni 1'), 2') .... 15') sono equazioni indicatrici di possibilità climatica riguardo a periodi di scarse precipitazioni estive e le 1''), 2''), ... 15'') per scarse precipitazioni invernali nella città di Bologna ; esse possono ancora assumersi come segnalatrici di possibilità climatica per altra località entro una estesa zona attorno a Bologna, quando i coefficienti a vengano moltiplicati per il rapporto tra le precipitazioni nella località che si considera e le precipitazioni nella città. Ognuna delle equazioni 1'), 2') .... 15') può essere assunta a base dello studio del problema : quale capacità utile si deve assegnare all' invaso per poterne ritrarre durante i mesi estivi una data portata costante, o quale portata estiva costante si può ritrarre da un invaso di data capacità? Sarà la equazione regolarizzatrice dei casi di precipitazioni minime assolute da assumersi, se non si consente che mai si verifichi deficienza di deflusso, sarà un'altra la curva base delle ricerche, se è ammissibile l' inconveniente del verificarsi una volta ogni tanto un deflusso inferiore al normale per casi critici interamente contenuti nei mesi estivi : per esempio, la equazione dei decimi casi critici, se si vuole consentire che all' incirca dieci volte in cento anni si abbia deficienza di deflusso per casi critici interamente contenuti nei mesi estivi.

6. — Il raffronto della tabella 1 del N. 4 con la analoga ottenuta ricercando i casi critici indifferentemente in tutte le stagioni dell' anno (1), e delle equazioni 1'), 2') ..... 15') con le analoghe dedotte da tutta la serie meteorologica secolare, equazioni che qui si riproducono :

$$
\begin{aligned}
&1) \quad h = 1{,}29\ T^{1{,}98}\\
&2) \quad h = 2{,}43\ T^{1{,}81}\\
&3) \quad h = 3{,}13\ T^{1{,}78}\\
&4) \quad h = 4{,}35\ T^{1{,}73}\\
&5) \quad h = 4{,}52\ T^{1{,}73}\\
&6) \quad h = 4{,}70\ T^{1{,}73}\\
&7) \quad h = 4{,}89\ T^{1{,}73}\\
&8) \quad h = 5{,}08\ T^{1{,}73}\\
&9) \quad h = 5{,}28\ T^{1{,}73}\\
&10) \quad h = 5{,}50\ T^{1{,}73}\\
&11) \quad h = 5{,}81\ T^{1{,}73}\\
&12) \quad h = 6{,}14\ T^{1{,}73}\\
&13) \quad h = 6{,}49\ T^{1{,}73}\\
&14) \quad h = 6{,}86\ T^{1{,}73}\\
&15) \quad h = 7{,}25\ T^{1{,}73},
\end{aligned}
$$

fa chiaramente vedere come la portata derivabile secondo il concetto indicato nei paragrafi precedenti sia sensibilmente più grande che la portata derivabile secondo il concetto cui si informano le equazioni 1), 2) .... 15).

Per avere una idea approssimata di tale diversità di portata, si può riferirsi alla equazione a) e calcolare i valori che il fattore $\left(1 + \frac{1}{n}\right) (a\ n)^{\frac{1}{n+1}}$ assume ponendo per a, n successivamente i valori corrispondenti alle equazioni 1'), 2') .... 15') e alle 1), 2) .... 15). Al fattore $\left(1 + \frac{1}{n}\right) (a\ n)^{\frac{1}{n+1}}$ si proporzionano le portate calcolate secondo le 1'), 2') .... 15') e quelle calcolate secondo le 1), 2) .... 15). Questi computi di raffronto sono riassunti nella tabella seguente, nella quale con B'_1, B'_2, ... B'_{15}, B_1, B_2, ... B_{15} sono indicati i valori dei fattori $\left(1 + \frac{1}{n}\right) (a\ n)^{\frac{1}{n+1}}$ relativi alle singole equazioni 1'), 2') .... 15'), 1), 2) .... 15).

(1) Vedi « Curve segnalatrici di possibilità climatica per l'Appennino bolognese » Monitore tecnico 1914.

TABELLA III

B'	B	$\frac{B'}{B}$
$B'_1 = 2{,}54$	$B_1 = 2{,}07$	1,23
$B'_2 = 3{,}26$	$B_2 = 2{,}62$	1,24
$B'_3 = 3{,}53$	$B_3 = 2{,}90$	1,22
$B'_4 = 3{,}88$	$B_4 = 3{,}31$	1,17
$B'_5 = 3{,}93$	$B_5 = 3{,}34$	1,17
$B'_6 = 3{,}98$	$B_6 = 3{,}39$	1,17
$B'_7 = 4{,}03$	$B_7 = 3{,}44$	1,17
$B'_8 = 4{,}09$	$B_8 = 3{,}49$	1,17
$B'_9 = 4{,}13$	$B_9 = 3{,}55$	1,16
$B'_{10} = 4{,}18$	$B_{10} = 3{,}60$	1,16
$B'_{11} = 4{,}23$	$B_{11} = 3{,}68$	1,15
$B'_{12} = 4{,}26$	$B_{12} = 3{,}76$	1,13
$B'_{13} = 4{,}29$	$B_{13} = 3{,}84$	1,12
$B'_{14} = 4{,}31$	$B_{14} = 3{,}92$	1,10
$B'_{15} = 4{,}33$	$B_{15} = 4{,}00$	1,08

Nella tabella alle colonne di valori B' e B è stata aggiunta una colonna dei valori dei rapporti di ogni singolo B' al B del medesimo indice. Come si vede, le portate regolate calcolate sulla base delle equazioni 1'), 2') .... 15) presentano, rispetto alle portate calcolate sulla base delle equazioni 1), 2) .... 15), aumenti che variano dal 23 all' 8 per cento.

7. — Agli effetti del calcolo della efficienza estiva di un lago le equazioni 1'), 2') .... 15') (moltiplicando, bene inteso, i coefficienti a per il rapporto di precipitazione tra la località montana e la stazione meteorologica) vengono utilizzate come le 1), 2) .... 15). E il problema enunciato nel N. 5 trova la sua soluzione nelle equazioni a) e b), nelle quali per parametri a ed n si intenderanno quelli estratti dalle 1'), 2') .... 15'), anzichè quelli delle 1), 2) .... 15).

Un limite alla validità delle a), b), nei casi qui considerati di periodi di irrigazione della durata di sei mesi, si deve vedere nella condizione che dalla b) risulti $T \leq 6$ mesi, o, ammettendo lecita in via di approssimazione una piccola extrapolazione, nella condizione che T non superi di molto sei mesi. Tale limitazione è, all'atto pratico, meno gravosa di quanto a prima vista possa sembrare. I serbatoi, infatti, che conviene direttamente utilizzare secondo i criteri qui discussi, non sono certo quelli posti a quote molto elevate, dai quali l'acqua, prima di raggiungere i campi irrigui nella pianura, dovrebbe percorrere canali assai lunghi costituenti un onere ingente per la spesa di impianto e un mezzo di perdita considerevole di acqua, e ai quali corri-

spondono di solito, per la produzione di energia, salti considerevoli, sì da far ritenere inopportuna la diminuzione invernale di portata che è necessaria conseguenza dell'aumento estivo; sono bensì quelli che, trovandosi a quota relativamente bassa, sono anche relativamente vicini ai campi irrigui, e utilizzano, per la produzione di energia, salti limitati sì da rendere meno sentita la diminuzione invernale di energia e più facilmente compensabile colla energia di altri impianti in parallelo coi quali l'officina idroelettrica funzioni. Tali serbatoi sono di conseguenza alimentati dalle acque di assai ampi bacini imbriferi, sicchè ad essi, a meno che non abbiano straordinaria capacità, non corrispondono di solito valori di T molto maggiori di sei mesi, a norma della formula b) nella quale T si presenta proporzionale a $\sqrt[n+1]{\frac{V}{A}}$.

La portata invernale deve essere ridotta a valore minore della estiva, in modo che il numero totale di probabili deficienze di deflusso (valutabile approssimativamente colla c)) sia mantenuto al disotto di un limite stabilito.

L'esempio numerico che segue chiarirà i concetti sopra svolti.

8. — L'area del bacino imbrifero di un corso d'acqua dell'Appennino Bolognese, a monte di uno sbarramento, esclusa la parte già regolarizzata da altri sbarramenti, sia di 200 kmq., e la capacità utilizzabile del lago artificiale sia di 30 milioni di metri cubi.

Osservazioni locali consentano di ritenere uguale a 2 il rapporto tra precipitazioni critiche nel bacino del lago e precipitazioni critiche nell'Osservatorio meteorologico dell'Università di Bologna e di assumere la formula $C = cT = 0{,}06\ T$ pel coefficiente di assorbimento.

Per porci in grado di risolvere il quesito: « Da quale numero di deficienze in un « periodo secolare va accompagnata una utilizzazione del lago con portata estiva Q_e « e con portata invernale Q_v, e come sono distribuite nelle stagioni dell'anno tali pro- « babili deficienze », conviene che calcoliamo i valori di Q secondo la formula a) (e, per vedere se non sia T molto maggiore di sei mesi, anche quelli di T secondo la formula b)), sostituendo per i parametri a, n tutte le coppie di valori corrispondenti alle equazioni 1), 2), ... 15), 1'), 2') .... 15'), 1''), 2'') .... 15''). Si ottengono i risultati raccolti nelle tabelle seguenti:

TABELLA IV

Calcolata coi parametri delle formule 1), 2) .... 15) (eventi critici in qualsiasi stagione dell' anno.

Formula	T mesi	Q milioni di mc. al mese
1	7,95	5,70
2	7,45	6,25
3	7,00	6,70
4	6,49	7,35
5	6,39	7,45
6	6,31	7,52
7	6,24	7,63
8	6,14	7,72
9	6,03	7,86
10	5,92	8,02
11	5,82	8,18
12	5,69	8,35
13	5,59	8,50
14	5,48	8,66
15	5,40	8,80

TABELLA V

Calcolata coi parametri delle formule 1'), 2'), ... 15') (eventi critici nei mesi estivi).

Formula	T mesi	Q milioni di mc. al mese
1'	6,61	6,82
2'	6,03	7,75
3'	5,80	8,05
4'	5,59	8,50
5'	5,47	8,70
6'	5,41	8,77
7'	5,34	8,91
8'	5,28	9,00
9'	5,22	9,10
10'	5,15	9,22
11'	5,12	9,28
12'	5,09	9,35
13'	5,05	9,42
14'	5,01	9,48
15'	4,98	9,54

TABELLA VI

Calcolata coi parametri delle formule 1''), 2'') .... 15'') (eventi critici nei mesi invernali).

Formula	T mesi	Q milioni di mc. al mese
1''	6,39	6,45
2''	5,20	7,95
3''	5,16	8,00
4''	5,13	8,05
5''	5,10	8,10
6''	5,07	8,15
7''	4,99	8,25
8''	4,92	8,38
9''	4,88	8,50
10''	4,84	8,60
11''	4,73	8,80
12''	4,67	8,90
13''	4,63	9,00
14''	4,59	9,15
15''	4,57	9,40

Esempio 1° - Supponiamo di utilizzare il serbatoio con le portate

$Q_e = 8{,}00$ milioni di mc. al mese nei mesi estivi,

$Q_r = 6{,}80$ » » » » invernali,

cioè con una portata media annua, Q_m, di 7,40 milioni di mc. al mese.

Ricordando il significato dei simboli introdotti nel N. 3, e interpolando le portate Q_m, Q_e, Q_r rispettivamente nelle tabelle 4, 5, 6, si ha:

$$\underset{Q_m}{N_a} = 5, \qquad \underset{Q_m}{N_e} = 1, \qquad \underset{Q_m}{N_r} = 1,$$

$$\underset{Q_e}{N_e} = 3, \qquad \underset{Q_r}{N_r} = 2,$$

essendosi, per ovvia ragione, calcolati in eccesso $\underset{Q_m}{N_a}$, $\underset{Q_e}{N_e}$, $\underset{Q_r}{N_r}$ e in difetto $\underset{Q_m}{N_e}$, $\underset{Q_m}{N_r}$.

Come numero di probabili deficienze in un secolo, coll'avviamento a portata estiva di 8 milioni di mc. al mese e a portata invernale di 6,80 milioni di mc. al mese, si ottiene dunque:

$$N_a = \underset{Q_e}{N_e} + \underset{Q_r}{N_r} + \underset{Q_m}{N_a} - \left(\underset{Q_m}{N_e} + \underset{Q_m}{N_r}\right) = 3 + 2 + 5 - (1 + 1) = 8,$$

delle quali, a produrre scarsità nell'acqua distribuita per irrigazione, resta il numero:

$$N_e = \underset{Q_e}{N_e} + \frac{\underset{Q_m}{N_a} - \left(\underset{Q_m}{N_e} + \underset{Q_m}{N_r} \right)}{2} = 3 + \frac{5 - (1 + 1)}{2} \sim 5.$$

Colla portata costante media fra 8 e 6,8, cioè 7,4 milioni di mc. al mese, il numero di probabili deficienze sarebbe invece, come si è visto, $\underset{Q_m}{N_a} = 5$, cioè tre di meno che nel regime qui considerato a portata estiva maggiore della invernale. Ma nel regime a portata costante verrebbero utilizzati in meno, agli effetti della irrigazione (8 - 7, 4). 6 = 3,6 milioni di mc. all' anno.

Esempio 2° - Sia:

$Q_e = 9$ milioni di mc. al mese,
$Q_r = 7$ » » »
$Q_m = 8$ » » »

Dalle tabelle 4, 5 e 6 si deduce

$$\underset{Q_m}{N_a} = 10, \qquad \underset{Q_m}{N_e} = 3, \qquad \underset{Q_m}{N_r} = 3,$$
$$\underset{Q_e}{N_e} = 8, \qquad \underset{Q_r}{N_r} = 2;$$

e quindi:

$$N_a = 8 + 2 + 4 = 14,$$
$$N_e = 8 + \frac{4}{2} = 10.$$

Incorrendo in 14 probabili deficienze nel corso di un centennio, anzichè nelle 10 probabili deficienze corrispondenti ad avviamento con portata costante, si utilizzano in più, agli effetti della irrigazione 6 milioni di metri cubi di acqua all' anno.

Problemi inversi, intesi a determinare le portate derivabili per fissati numeri di probabili deficienze di acqua in un centennio, si risolvono con successivi tentativi.

Si deve osservare che, per portate medie annue riferentisi a 13, 14, 15 probabili deficienze in un centennio, il numero $\underset{Q_m}{N_a} - \left(\underset{Q_m}{N_e} + \underset{Q_m}{N_r} \right)$ può presentarsi nullo o anche negativo (per quanto di valore assoluto assai piccolo (1 o 2). In tali casi il numero $\underset{Q_m}{N_a} - \left(\underset{Q_m}{N_e} + \underset{Q_m}{N_r} \right)$ verrà sostituito nelle formule c) e d) dal valore zero.

Il segno negativo di tale numero è incompatibile col significato dei simboli e risulta spiegabile per imperfezioni della serie meteorologica e per imperfezioni nella applicazione dei processi di sintesi che portano alle equazioni segnalatrici di possibilità climatica. Con ciò le osservazioni svolte in questa nota e i risultati di applicazione a casi numerici non vengono infirmati nella loro sostanza: resta ad essi, non il carattere di indicazione precisa, ma certamente il significato di utili termini di confronto.

CALCOLI DELLE VIE URINARIE

MEMORIA

DEL

Prof. Comm. Gr. Uff. GIUSEPPE RUGGI

(letta nella Sessione del 26 gennaio 1919).

Egregi Colleghi,

Desidero presentarvi in oggi la mia collezione di calcoli estratti in gran parte dalla vescica orinaria e dai reni per potere ragionare intorno ad essi, in base a quanto ebbi a fare e ad osservare nel lungo periodo della mia vita professionale. La cura di queste lesioni, che fanno parte oggidì di una specialità tanto apprezzata, furono per lo passato alla sola dipendenza della chirurgia generale.

Il numero dei calcoli che vi presento è abbastanza considerevole; ma non sono certo tutti quelli da me estratti, perchè moltissimi furono lasciati ai singoli operati che desideravano possedere captivo il colpevole delle loro lunghe sofferenze.

La maggior parte dei calcoli che vi presento, appartengono ai primi 30 anni della mia vita professionale perchè, anche prima che sorgessero gli specialisti delle vie orinarie, i calcoli erano si può dire, se non scomparsi, almeno di gran lunga scemati di numero nella pratica tanto ospitaliera che domiciliare. A conferma di questo vi dirò che nella Clinica di Modena, dove fui Direttore per undici anni, come in quella di Bologna, trovai sempre difficilissimo il possedere casi adatti per lo studio clinico e la dimostrazione pratica della calcolosi.

Essendomi poi interessato per sapere dai miei allievi, ora specialisti in urologia e dai miei colleghi di clinica generale, nonchè dai chirurghi primari d'ospedale, la loro opinione sulla frequenza attuale dei calcolosi delle vie orinarie, tutti mi hanno unanimamente accertato che rarissimi sono al presente i soggetti da essi operati aventi forme di calcolosi urinarie.

Anche in altri paesi d'Italia e fuori, al dire di alcuni chirurghi da me interrogati, i calcolosi delle vie urinarie sono di molto scemati di numero. Ora, perchè questa penuria di casi, mentre per lo passato la calcolosi era così frequente, specie

nella prima età della vita e nei vecchi? Si può pensaré al maggiore interessamento che i singoli soggetti adulti hanno per la loro salute, alle cure profilattiche che vengono consigliate; ma, specie nelle campagne montanine, dalle quali regioni di frequente scendevano ai nostri Ospedali i piccoli calcolosi, la pratica sanitaria non deve essere di molto mutata.

Io penso invece che siano di molto mutate in Italia ed in tutti i paesi e regioni civilizzate le condizioni dell' igiene famigliare che è il portato dei più facili scambi sociali e piú ancora della stessa civiltà per la quale ha contribuito non poco la coscrizione militare. Questa misura collettiva e patriottica, che tanto onora il nostro paese e per la quale è stato possibile imporre al mondo il nostro valore materiale, morale ed intellettuale, ha avuto inoltre il grande merito di restituire alla società proletaria una serie di soggetti nell' animo e nella mente dei quali fu instillata una serie di cognizioni fra cui non debbonsi escludere quelle relative all' igiene personale.

Nello stabilire dei confronti sulle condizioni di pulizia e d' igiene individuale che presentano gli attuali ammalati d' ambulatorio con quelli di un tempo lontano, posso con tutta sicurezza asserire che immensa è la differenza fra questi e quelli. Ora, tali mutamenti sono senza dubbio per una parte il portato della scuola, la quale ha cominciato da tempo a fare sentire la sua influenza per modo che, moltissimi hanno imparato a presentarsi in pubblico, specie per le visite mediche e chirurgiche, nelle condizioni di pulizia permesse dal loro stato economico.

Ma anche la coscrizione, ripeto, è mia convinzione, che vi abbia contribuito perchè quel soldato il quale ritorna in seno alla famiglia, colla disciplina, ha imparato a pulirsi. Inconsciamente quindi desidera per se ed esige dalla sua famiglia quelle regole d' igiene che si acquistano vedendo e più ancora perchè obbligati a seguire per un lungo periodo di tempo.

È di già stato dimostrato che per entro alle stratificazioni di colesterina che formano i calcoli biliari, si annidano dei microrganismi ritenuti cagione di essi. È pure a cognizione nostra che il primo nucleo dei calcoli orinari è dato da elementi organici che derivano in quelle recondite parti, da processi flogistici apportati sempre da tossine e da microrganismi che le infezioni determinano. Ora per queste è pure dimostrato quanta influenza vi possa avere l' igiene del soggetto e dei mezzi che lo circondano. Ammesso tutto ciò è logico, ripeto, ritenere, per le accennate complesse ragioni, che lo scemare dei calcoli urici e di ossalato nel genere umano sia il portato della civiltà. I calcoli di fosfato e di carbonato, che si originano per decomposizione delle orine di origine infettiva, con maggiore ragione si debbono ritenere meno facili ora che le pratiche delle disinfezioni sono più generalizzate.

La maggior parte dei calcoli che sono avanti a Voi vennero da me estratti dalla vescica, colla cistotomia perineale per la quale mi sono costantemente servito del processo appreso dal mio illustre maestro: il Rizzoli.

La prima operazione l' eseguii appena laureato, cioè nell' autunno del 1868; — ed estrassi con essa *quattro* calcoli del volume ciascuno di una castagna. I risultati da

me ottenuti costantemente furono buoni per guisa che, sebbene in quel tempo fosse in tutti il desiderio di apportare modificazioni alla tecnica della cistotomia perineale, io non trovavo ragione per modificarla. Il taglio mediano eseguito sulla sonda scanalata mediante il coltello adottato dal Rizzoli, associando ad esso il così detto colpo da maestro del Marechal col quale non si raggiunge che la parte inferiore della prostata, costituisce una tecnica assai brillante; e dà dei risultati ottimi. Con detto processo, il vero cistotomo profondo, è rappresentato dal dito indice del chirurgo, spinto a forza per entro alla prostata scalfita dal cistotomo, dopo avere squarciata ampiamente l'uretra membranosa.

Per circa 20 anni ho esclusivamente usato il processo sopra esposto, salvo poche rare eccezioni. Al taglio sulla linea mediana sostituii assai di rado quello lateralizzato e quello bilaterale; e questo in alcuni casi di calcoli molto voluminosi, com'è quello che vi presento del peso di grammi 146.

Nel 1887, avendo estratto questo calcolo di ossalato di calce pieno di punte, ad un giovane di poco più che ventenne, fui sorpreso dal racconto fattomi da lui due mesi dopo la subita operazione. Mi disse questi infatti d'avere osservato una deficienza di liquido spermatico in ciascuna ejaculazione. Esaminato lo sperma trovai l'assenza assoluta degli spermatozoidi. Il calcolo di forma perfettamente rotondeggiante ha la configurazione di una piccola bomba all'Orsini. Mi formai allora il convincimento che detto corpo, estratto a forza attraverso l'uretra prostatica l'avesse lacerata in guisa da determinare la chiusura dei condotti ejaculatori. Questo fatto clinico avendomi molto impressionato, mi determinò a sostituire alla cistotomia perineale la cistotomia ipogastrica. Mi confortavo in tale determinazione l'aver da tempo adottata la medicatura antisettica, ottenendo ottimi risultati nelle laparotomie. Fu questo complesso di ragioni che mi convinsero sulla utilità e possibilità d'aggredire la vescica dall'alto cioè dalla regione ipogastrica. Reso edotto, anche per altre ragioni, dell'importanza che aveva assunta in quel momento la cistotomia ipogastrica come portato evidente della moderna chirurgia, parlando ed operando, nonchè mediante la stampa, feci conoscere le mie idee in proposito. Così nel 1887 pubblicai una Conferenza edita dallo Zanichelli avente per titolo: *Della cistotomia ipogastrica e perineale.*

Nella primavera del 1890, avendo luogo in Firenze l'annuale adunanza della nostra Società Italiana di Chirurgia, svolsi l'argomento relativo alla cistotomia ipogastrica in confronto a quella perineale. Dopo l'esperienza fatta, ritenevo avere argomenti sufficienti per consigliare, come avevo di già detto nella publicazione del 1887, la cistotomia ipogastrica in certi speciali casi e cioè nelle forme asettiche e nei giovani. Fui confortato in queste mie asserzioni dal collega Bassini di Padova, ma debbo però con tutta verità dichiarare che le nostre vedute furono allora completamente avversate dai sostenitori della cistotomia perineale i quali, potenti per valore individuale e per numero, fortemente combatterono le nostre argomentazioni, schierandosi tutti in favore della cistotomia perineale.

Però dopo questa diatriba, che fu veramente feroce, la cistotomia ipogastrica in

Italia tanto combattuta, venne senz' altro dalla grande maggioranza degli stessi oppositori accettata. Anzi ora si è andati all' esagerazione opposta perchè vi sono molti chirurghi i quali non hanno mai eseguita la cistotomia perineale, o l' hanno del tutto abbandonata. Io ritengo invece che in alcuni speciali casi di profonda infezione della vescica, la cistotomia perineale sia da preferirsi all' ipogastrica, come quella che, istituendo un buon drenaggio verso il basso, cioè nel fondo della vescica, assicura il risultato dell' operazione.

Come vedete i calcoli che vi presento sono oltre duecento; hanno volume, aspetto e forma diversa.

Il più voluminoso calcolo, cavato dal perineo col taglio bilaterale è del peso, come già dissi, di grammi 146 e misura un diametro longitudinale di centimetri 8 ed uno trasversale di centimetri 5. Essa, giova confessarlo, fu però la pietra sepolcrale del soggetto.

Ve ne sono di forme oltremodo strane. I calcoli d' ossalato di calce sono generalmente irregolari e rotondeggianti ; ve ne sono però anche degli allungati. Fra questi avvene uno per configurazione e colorito del tutto raffigurante una sibale, che, estratto per via perineale, a tutta prima, mi fece temere d' avere leso il retto intestino. Il più strano poi è questo che rassomiglia a un piccolo pene in erezione. Fu giudicato d' origine ureterale.

I calcoli della pelvi renale hanno la forma di questa cavità. Sono di volume vario perchè ora tolti da ragazzi ed ora da adulti. Fra questi calcoli, che vi presento, figura uno che non dovrebbe essere qui registrato. È un calcolo voluminoso di colesterina che aveva apportata la stenosi dell' intestino e che fu tolto colla laparotomia e successiva enterostomia.

Vedete anche *tre* forcelle che formavano nucleo di un calcolo. Queste le ebbi a togliere nei primi anni del mio esercizio da due ragazzette e da una signora. Erano state introdotte in vescica per onanismo. Intorno a due di questi casi diedi relazione in una nota pubblicata nel nostro Bull. delle Scienze Mediche (Novembre 1870). Siccome questi tre casi mi capitarono l' uno dopo l' altro a pochi mesi di distanza, così mi figuravo che durante la mia vita ne avrei osservati parecchi ; invece non ne vidi più.

La composizione dei singoli calcoli è varia. I più sono di urati, parecchi di ossalato e altri di fosfati e carbonati. Esaminati nel loro interno, presentano stratificazioni diverse, lo che sta a dimostrare le fasi percorse dalle singole vesciche, ora in asepsi ed ora in più o meno grave setticismo, come quando, per decomposizione delle urine si è avuto deposito di solfati e carbonati, in contrasto col deposito di urati e di ossalati avvenuto nel periodo di asepsi vescicale.

Tale successione di fatti ha una importanza patogenetica di valore, non facile però ad essere logicamente interpretata. Senza ragioni plausibili non si spiegano infatti queste successive ripetizioni di stati diversi.

Non si comprendono queste successive ed alternate condizioni ora asettiche ed ora

settiche della vescica. L' infezione come avviene e come si dilegua, per ripetersi in un periodo successivo? Spesso sono soggetti questi che non subirono in precedenza osservazione ed esplorazioni qualsiasi, quindi non direttamente infettati dall' esterno. Non si può ammettere quindi che la via interna cioè la renale e quella dei vasi perivescicali che sono in rapporti diretti con quelli dell' intestino retto. Infatti l' ampolla rettale, mediante il plesso del Santorini ed i linfatici annessi, ha rapporti assai stretti col fondo vescicale.

La varietà della composizione dei calcoli ha importanza per stabilire il metodo di cura; e la radiografia ha assunto in questi giorni un valore diagnostico di rilievo, in alcuni speciali casi. Non tutti i calcoli in egual modo si rivelano sulla lastra radiografica. Anzi intorno a ciò credo opportono portare a vostra conoscenza uno studio che tre anni or sono feci fare da un mio bravo allievo, il quale anzi trasse da questo argomento per una assai interessante tesi di laurea.

Studiando tutti questi calcoli, che costituiscono la raccolta che mi è propria, il mio allievo Laghi potè praticamente dimostrare che i più facili a vedersi colla radiografia sono quelli di ossalato di calce, poi quelli di fosfati e carbonato e poco o nulla quelli di urati.

Un altro mezzo di esame vescicale tutto moderno è quello dato dalla cistoscopia, la quale, oltre alla presenza dei calcoli, fa vedere le condizioni della vescica e le complicanze associate alla calcolosi vescicale.

Dati questi mezzi diagnostici, sembrerebbe naturale che la litotrizia la quale ebbe un tempo, certo non molto lantano, tanti e così valorosi seguaci, dovesse essere rimessa in onore, aggiungendo ad essa la litolaplassi. Ma questi mezzi, almeno fra noi, sono tramontati; ed io penso che li abbia eclissati la cistotomia ipogastrica la quale, mediante l' anestesia generale o la locale o quella spinale fatta questa colla puntura lombare, può essere eseguita senza sofferenze per parte dei malati. Si aggiunga a ciò la sicurezza del risultato delle operazioni, dato l' uso dell' asepsi e dell' antisepsi che allontanano la possibilità di un' infezione.

18 Gennaio 1819. - Bologna.

LA LECITINA NELLA PROFILASSI E CURA DELL' INFLUENZA

NOTA

DEL

Prof. IVO NOVI

ACCADEMICO BENEDETTINO

DIRETTORE DELL' ISTITUTO DI MATERIA MEDICA NELLA R. UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

(letta nella Sessione dell' 8 Dicembre 1918).

In due mie note sperimentali (1) pubblicate nelle Memorie della nostra Classe nel 1914 e 1915 io metteva in vista l' importanza della lecitina introdotta in via ipodermica o endovenosa sulla eccitabilità del sistema nervoso centrale e proponevo l' uso di questa sostanza come aiuto nella cloro ed etero-narcosi e contro varie infezioni e innanzi tutto contro le manifestazioni nervose talora letali della infezione tetanica.

Io stesso avendo veduto in esperienze eseguite nel mio laboratorio dal Dott. Fratta (2) fin dal 1904, che la lecitina introdotta in via ipodermica, non solo rallentava il ricambio fosforato come è ammesso da altri, ma anche ritardava il ricambio azotato, mi ero convinto che il meccanismo d' azione della lecitina dovesse essere eminentemente indiretto e che quindi tutto quello che i terapisti più o meno interessati chiamano meccanismo sostitutivo nelle varie deficenze dell' organismo in lecitina, fosse per lo meno una ingenuità atta a colpire la mente dei profani in genere e di quelli malati in ispecie.

Le determinazioni di lecitina nei vari tessuti, le funzioni di questo importantissimo fra i più importanti lipoidi nella vita cellulare, la distribuzione di esso nella cellula rappresentavano validissime argomentazioni della necessità che gli organi ne hanno e facevano presumere che l' aumentare il tasso di lecitina nell' organismo volesse dire, migliorare tutte le funzioni.

Se non che troppo grande distanza esiste fra la introduzione della lecitina sia pure entro le vene e la sua assimilazione e sostituzione in seno ai tessuti ed elementi cellulari, non dico poi dei casi innumerevoli in cui la terapia si vale della introduzione *per os*, nel qual caso la lecitina subisce trasformazioni tali che non ci permettono più certamente di riconoscerne le azioni biologiche specifiche. È probabile che data una simile introduzione valga meglio ricorrere ad un buon *zabaglione* fatto bene e relativamente poco costoso che non ad una delle preparazioni di lecitina.

Eppure io, che anche per lo stesso ferro, il più invocato fra i medicamenti sostitutivi, penso ad azioni indirette, io, che senza poter determinare fin dove e fino a che punto potesse seguirsi l'influenza della lecitina come tale, ammetteva nelle mie comunicazioni sopra citate un'azione massimamente indiretta, mi sono trovato di fronte ad esperienze, che non ho ancora pubblicato e che mi riservo di compiere e allargare, esperienze che dimostravano un maggior contenuto di fosforo totale nel cervello di cani, che avevano sottostato ad introduzioni ipodermiche di lecitina!

Queste esperienze non mi hanno certamente convinto della fissazione della lecitina introdotta sul sistema nervoso centrale, ma mi hanno fatto credere che il fosforo possa aumentare nell'encefalo per indiretta influenza esercitata dalla lecitina sul ricambio organico del fosforo, sulla attitudine degli elementi nervosi a fissare in maggior copia i materiali fosforati messi a loro disposizione dai liquidi interstiziali.

Intanto io continuava nel mio servizio medico dell'Istituto antirabico a eseguire iniezioni ipodermiche di lecitina nei casi in cui la cura antirabica produceva fenomeni troppo cospicui di accelerato ricambio materiale, ripetendo così nella pratica quello che già aveva esposto il Dott. Fratta per la lecitina ed io stesso (3) nel 1908 per i glicerofosfati e per la fitina.

Mi valevo all'uopo di fiale favoritemi dal locale ospedale militare principale e preparate dal laboratorio farmaceutico militare di Torino, fiale contenenti per un centimetro cubico di olio canforato 5 centigr. di lecitina. Nel fatto la quantità di canfora contenuta in una fiala era di 2 centig. e però a questo medicamento poco o nulla di azione terapeutica si poteva assegnare fuori di una virtù conservatrice della lecitina altrimenti molto facile a scomporsi e deteriorarsi. Nelle circostanze anzidette gli effetti terapeutici furono sempre ottimi, tanto che spesso ho consigliato ai malati che mi richiedevano di parere contro i fatti di spossatezza che talvolta si accompagnano alla cura antirabica, di ricorrere ad iniezioni di alcuna delle varie lecitine che si hanno sul mercato farmaceutico. Noto la *fosfoplasmina* del Belfanti, la *bioplastina* del Serono, la *ovifosfina* del Boniscontro, tutte contenenti lecitina del tuorlo d'ovo e veramente un po' diverse nei presumibili effetti terapeutici dalla lecitina pura, perchè commiste ancora a luteina, colesterina e grassi neutri.

Una delle solite iniezioni di lecitina ebbi occasione di eseguire in un operaio militarizzato certo Antonio R. di anni 32 da Bondeno, in cura nel nostro Istituto antirabico per morsicature infertergli da un cane accertato idrofobo. Questo individuo era stato preso improvvisamente da febbre alta il 13 ottobre 1918 con sintomi netti di influenza e si era abbattuto sui gradini dell'antirabico dichiarando di non poter fare un passo di più tanto e tale era il suo stato di debolezza, il malessere generale che improvvisamente l'aveva colpito col sopravenire della febbre.

Si noti che la cura antirabica era appena iniziata da 3 giorni, e però si trovava in un periodo in cui la virulenza dei midolli manca completamente e il ricambio materiale non dimostra variazione alcuna.

L'iniezione diede un esito sorprendente, poichè dopo una mezz'ora il R. potè farsi

accompagnare alla vicina linea tramviaria e giungere così al suo domicilio, ove il giorno dopo, 14 ottobre, essendo ancora elevata la temperatura io eseguii una seconda iniezione pur continuando quelle specifiche della cura antirabica.

Il 15 Ottobre l'individuo era apirettico e dopo un paio di giorni riprendeva a piedi la via dell'Istituto e terminava regolarmente la cura.

Dopo questo caso ne ho curato personalmente altri dieci colpiti da influenza in case di pensione in cui erano allogati ed il decorso di questi casi reso in brevissimi termini fu il seguente:

N. 2. *Alfredo M.* di 24 anni da Laterina è preso il 16 ottobre da febbre alta con iperemia della congiuntiva, della schneideriana, della faringe che lo costringe al letto nell'ospedale militare che lo alberga. Il 20 ritorna all'Istituto ancora febbricitante dichiarando di non poter continuare la cura antirabica. Riceve una iniezione di lecitina. Il 22 è sfebbrato e la cura antirabica prosegue regolarmente fino al termine stabilito.

N. 3. *Giovanni B.* di 3 anni da S. Lorenzo in campo, il 18 Ottobre ha febbre alta coi sintomi di influenza e bronchite diffusa molto grave per la quale ricorro alla sorveglianza medica dell'egregio Dott. Cervone, che mi riferisce il 21 l'aggravarsi della forma morbosa.

Il 22 ottobre eseguisco una iniezione di bioplastina, il 23 la febbre cessa, rimanendo però il catarro bronchiale, che va mano mano diminuendo finchè il 27 il bambino era già in buone condizioni e il 31 è dimesso a termine di cura.

N. 4. *Anna B.* di anni 35 madre del bimbo precedente, ha preso dal figliuolo l'influenza ha febbre altissima il 20 Ottobre, non era sottoposta a cura antirabica. Il 22 riceve due fiale di bioplastina nella medesima iniezione, è sfebbrata il 24 senza successioni morbose.

N. 5. *Agnese A.* di 12 anni da Berra presenta epistassi il 21 Ottobre e temperatura altissima al di là del 40. Il 23 e il 25 le vengono praticate iniezioni di bioplastina, il 27 non solo è apirettica, ma si presenta in buone condizioni e si alza di letto.

N. 6. *Domenico P.* di 67 anni da Migliarino il 22 Ottobre ha febbre continua che dura 5 giorni. Il 25 e il 30 riceve due iniezioni di bioplastina, il 1° Novembre è apirettico e viene dimesso.

N. 7. *Corrado L.* di 6 anni da Ferrara il 22 Ottobre ha febbre molto alta, il 23 riceve una iniezione di lecitina e la febbre il 25 è cessata, il 26 non residua che scarso catarro bronchiale.

N. 8. *Rino B.* di 16 anni da Comacchio il 23 Ottobre ha febbre alta con tutti i sintomi dell'influenza. Viene iniettato lo stesso giorno con bioplastina e il 27 sta bene tanto che il 29 può essere dimesso.

N. 9. *Dilva G.* di 11 anni da Modena, il 30 Ottobre ha febbre forte con vomito, il 2 Novembre, è iniettata con bioplastina e il 4 è sfebbrata, l'11 è dimessa dall'Istituto in ottima salute.

N. 10. *Dina C.* di 7 anni da Carpineti, il 1° Novembre ha febbre alta, il 2 è inoculata con bioplastina, il 4 è apirettica con abbassamento fortissimo della temperatura. Per questo si ripete l'iniezione di lecitina il 5 e l'8 le condizioni di salute sono ottime.

N. 11. *Vera R.* di 7 anni da Recanati. Il 5 Novembre ha l'influenza con temperatura di poco superiore al 38. Il 6 riceve un iniezione di bioplastina e l'8 sta perfettamente bene.

In altri casi si praticò qualche iniezione saltuaria, ma a malattia molto avanzata notandosi anche talora rapido abbassamento di temperatura e talora invece non rilevandosi nulla di speciale per una semplice iniezione.

Non notai differenze di sorta fra le iniezioni di lecitina con canfora e quelle di bioplastina e di fosfoplasmina. Certo non mette conto di pensare ad eventuale azione della canfora in così debole dose quale si aveva nelle fiale di preparazione militare, ma queste forse avevano il vantaggio di contenere lecitina pura da altri prodotti eventualmente non cooperanti con essa, quale ad esempio la colesterina.

Per testificare sulla gravità della forma con cui ebbi a combattere noto il caso di una bambina, *Bruna M.* di 6 anni da Modena che appena iniziata la cura antirabica insieme al N. 9, fu presa da influenza il giorno 25 ottobre, portata per desiderio della famiglia al suo domicilio fu ricondotta a Bologna il 28 con febbre a 41. Chiamato a visitarla la mattina del 29 la trovai già morta.

Le forme influenzali che si sono verificate fra noi a quanto si è scritto e riferito da colleghi, hanno avuto la più varia sintomatologia e se come mi affermava il maestro di noi tutti il Prof. Murri, la più frequente causa di morte fu la congestione polmonare rapidissima e diffusa e il conseguente edema, sta di fatto che spessissime furono le forme limitate alle prime vie respiratorie e terminate poco dopo una semplice iperemia della mucosa bronchiale oppure finite con un catarro bronchiale localizzato o talora invece diffuso. In certi casi si ebbero vere broncopolmoniti e furono infine notevoli anche forme intestinali.

Quanto all'intensità della malattia le più certamente sono andate a guarigione, ma la statistica formata dall'autorità Comunale ha messo in vista una mortalità molto ragguardevole nei casi in cui il processo continuava a diffondersi, oppure dopo un arresto riprendeva con maggior lena invadendo altra parte dell'ambito polmonare.

Con ciò è evidente che i miei numerosi casi di guarigione potrebbero porsi tutti fra quelli di felice esito spontaneo coadiuvato da qualche antipiretico o altre risorse terapeutiche. Nei miei veramente io non ho dato che qualche volta un po' di aspirina con caffeina, là dove l'ipertermia sorpassava il 40, ma neppur sempre ho potuto ottener questo per la difficoltà di sorvegliare i malati sparsi in varie case, mentre ero io solo a compiere il servizio antirabico con più di 80 individui per giorno!

Io non nego dunque che si possano attribuire alla sorte le guarigioni ottenute, ma faccio osservare che forme anche diffuse, come dimostrò la successiva secrezione bronchiale persistente e l'esame del torace, poterono divenire apirettiche in 2 a 4 giorni dopo l'iniezione di lecitina introdotta in dosi da 10 a 20 cg. negli adulti, da 5 a 10 nei bambini.

Pregai il Dott. Cervone della Clinica pediatrica di tentare sui bambini a lui affidati la prova che io avevo fatto con buon esito, ma egli mi riferì che pochissimi furono i casi sperimentati, che tutti andarono a guarigione per lisi, ma le iniezioni di fosfoplasmina furono eseguite giornalmente e non in una sola volta nell'intento di raggiungere

l'effetto che sembrava più chiaro quello cioè di aumentare la resistenza organica con un ricostituente!

Il mio antico e ottimo amico Dott. Gustavo Poppi direttore del Brefotrofio di Bologna mi ha riferito di aver eseguito la prova su parecchi bambini con brillanti risultati, ma giustamente egli osserva che avendola tentata quando l'influenza era appena iniziata è lecito pensare che essa non si sarebbe neppure diffusa o si sarebbe mantenuta mitissima. Nei suoi casi la forma influenzale appena iniziata si arrestò poco dopo l'iniezione praticata.

Una interessantissima osservazione mi fu riferita da un valente collega il Dott. Alfredo Boselli dell'ufficio comunale d'igiene. In una famiglia di sua conoscenza tutti presero l'influenza e ne guarirono dopo un periodo di 10 a 15 giorni come d'ordinario. Due signorine tuttavia guarirono dopo due soli giorni di febbre ed esse avevano subito precisamente una cura di bioplastina continuata per qualche tempo.

È questo il caso della resistenza organica alle infezioni o a quant'altro possa minare la salute dell'organismo? Certo è possibile pensare a questo meccanesimo che io ho potuto rilevare forse in tre altri casi e cioè nelle mie due figliuole ed in una loro intima amica.

Questa volendo fuggire l'infezione che aveva colpito la sua famiglia nelle persone dei tre individui giovani che vi si trovavano oltre a lei, venne in casa mia, dormì nella stanza della mia figliuola maggiore, ma fu colta egualmente dalla malattia con temperatura sopra i 39.

Se ne tornò allora immediatamente presso i suoi ed in sua casa dopo 5 giorni era già apirettica e non presentava nessun fenomeno bronchiale nè polmonare, ne complicazioni di sorta. Essa era precisamente nel corso di una cura di bioplastina ed aveva ricevuto almeno una trentina di iniezioni.

La guarigione fu perfetta in 10 giorni, ma ripeto non si ebbero localizzazioni di sorta, mentre gli altri individui di sua famiglia presentarono le solite localizzazioni broncopolmonari, temperature elevatissime e seri epifenomeni vari.

Intanto la mia figliuola maggiore che aveva diviso la stanza da letto con l'amica fu presa dall'infezione e con lei tutti gli altri di casa.

Delle mie figlie, la minore, di anni 19 era sottoposta da 20 giorni ad iniezioni giornaliere di fosfoplasmina. Ebbene, la forma febbrile dell'influenza si limitò a 3 giorni e l'unica complicazione fu rappresentata da catarro delle prime vie respiratorie, che rapidamente scomparve.

Nella figliuola maggiore invece, che aveva ricevuto solamente una iniezione preventiva di fosfoplasmina venuta la febbre i fatti congestivi presero dapprima la base del polmone sinistro, poi si diffusero a tutto il polmone destro con temperature che raggiunsero il 40,5 per tre giorni e discesero poi per lisi fino alla norma in 15 giorni. In questo secondo caso dopo la prima iniezione preventiva di cui ho detto non ne avevo eseguito altre, ma le ripresi al 3° giorno dell'ipertermia, mentre i colleghi che mi diedero il supremo conforto della loro bontà e della loro scienza e cioè Murri, Silvagni e Poppi che fu il curante dubitavano dell'esito, data la diffusione del processo. Il risultato ultimo

fu felice, le iniezioni si continuarono sempre fino alla fine della forma e lungo la convalescenza che fu rapida. Anche in questo terzo caso data la cura lecitinica lunga è lecito pensare al consueto effetto di aumento della resistenza organica.

Ma i casi del servizio antirabico, quelli del collega G. Poppi, due altri che notai in casa mia in due giovani domestiche, un altro di una mia nipote, nei quali tutti si ricorse ad una sola iniezione di una o due fiale all'inizio del processo, non possono essere invocati come esempio di cura ricostituente lecitinica!

Non è possibile che una così tenue copia di lecitina raggiunga lo scopo sopra detto, non è possibile, se pure si dimostrerà vero e reale, che essa valga a produrre un deposito nelle cellule nervose o dove che sia che risiedano gli elementi molteplici che costituiscono e formano le resistenze e le difese degli organi e dei tessuti.

Le bellissime esperienze del Danilewski (4) che non attribuivano certamente a ipernutrizione l'influenza della lecitina sullo sviluppo dei germi di rana e degli embrioni del crescione, le prove del nostro Serono (5) portate per la prima volta nella pratica terapeutica non ci dicono nulla in proposito.

Già infezioni non furono trattate fino ad oggi fuori di casi di tubercolosi polmonare. I casi di debolezza organica o senile o da esagerato lavoro mentale non possono per nulla paragonarsi a quelli di influenza specialmente poi a forme sviluppatesi nel pieno rigoglio della salute.

D'altra parte i risultati ottenuti nel mio laboratorio da me e dai miei allievi dimostrando un rallentamento del ricambio azotato e fosforato sotto l'azione della lecitina, non possono trovare applicazione e dar luce alle nuove esperienze terapeutiche nei casi di influenza.

Perchè in conclusione le prove fatte all'antirabico e altrove anche presso privati, quelle del Brofotrofio sono casi di immunizzazione, sono da considerarsi come esempi di profilassi ben riescita.

Come può la lecitina immunizzare contro il bacillo e gli altri germi della influenza? Io credo che, se esiste, tale immunizzazione sia diffusa agli organi di difesa dell'organismo, e non credo affatto e parmi ingenuo il pensare ad una azione antisettica o antitossica sebbene per la lecitina con varie opposizioni si siano osservate azioni positive da Bruschettini contro la difterite, da Hauschmitt contro il veleno dei serpenti, la stricnina, il curaro, la morfina, da Lawrow contro l'alcool etilico, il cloralio, il fosforo, il fenolo, l'etere.

Lasciamo dunque da parte l'azione antitossica che date le piccole dosi non si può neanche supporre e che per ora non può essere studiata non conoscendosi una tossina dell'influenza e conchiudiamo con l'ammettere una immunizzazione che a mio parere può immaginarsi solamente di origine cinasica.

Una immunizzazione cioè indirettamente prodotta, che si fa sentire sui normali difensori del nostro organismo, che assomiglia forse a quella rappresentata dai metalli colloidali, cui invece si è voluto attribuire una diretta azione antisettica, un'azione come quella dello zolfo dato in dosi quasi omeopatiche come voleva lo Schultz per la produzione di

emoglobina, un' azione stimolante, che potrà anche farsi sentire per trasporto e contatto sugli elementi di difesa cellule e nuclei, ma che non può certo spiegarsi con una semplice barriera di lipoide contro la membrana cellulare o contro il nucleo.

Esperienze di laboratorio vorrei potessero chiarire questo problema che si mostra da oggi ricco di applicazioni, perchè possiedono indubbiamente molti altri corpi quelle misteriose azioni cinasiche che si fanno sentire sui fermenti in una maniera facilmente accessibile ad una prova sperimentale.

La lecitina stessa ad esempio secondo il Lapidus esercita un' azione acceleratrice sulla diastasi enterica alla temperatura normale dell' organismo.

Affermo infine che quello che ho veduto nell' influenza può esercitarsi in altre forme infettive e che è prezzo dell' opera il tentare in contingenze di questo genere gli effetti profilattici e terapeutici delle iniezioni di lecitina.

BIBLIOGRAFIA

Molti lavori che trattano della lecitina sono richiamati nelle mie pubblicazioni che qui cito.

(1) I. Novi. Determinazioni qualitative e quantitative dei lipoidi cerebrali nella narcosi cloroformica — Nota 1ª Memorie della R. Accad. delle Scienze dell' Istituto di Bologna Serie VII. Tomo I, 1913-14.

Lo stesso. Rapporti della lecitina con la narcosi cloroformica ed eterea Nota 2ª Ibidem Serie VII. Tomo II 1914-15.

(2) Dott. Aldo Fratta. Rapporto fra l'azione della cura antirabica e quella dei glicerofosfati e delle lecitine. Bullettino delle Scienze Mediche 1904, Vol. IV, Serie VIII.

(3) Ivo Novi. Terapia della fosfaturia con preparati organici del fosforo (glicerofosfati e fitina) Memorie della R. Accad. delle Scienze dell' Istituto di Bologna Tomo V Serie VI 1908, pag. 97-108.

(4) Danilewski. De l' influence de la lécithine sur la croissance et la multiplication des organismes. — Compt. rend. de l'Academie des Sciences 1895 Vol. CXXI pag. 1167.

Lo stesso. De l' influence de la lècithine sur la croissance des animaux à sang chaud. Ibidem 1896 Vol. CXXIII, pag. 196.

(5) C. Serono. Sulle iniezioni di lecitina nell' uomo e negli animali. R. Accademia di Medicina di Torino, 23 aprile 1897.

— Sur les injections de lécithine chez l' homme et les animaux. Archives italiennes de Biologie 1897, Vol. XXVII, pag. 349.

Sulle differenze nel comportamento della colesterina e del siero antitetanico nell' avvelenamento da stricnina

MEMORIA

DEI

Prof. G. TIZZONI e Prof. P. PERRUCCI

letta nella Sessione del 16 Febbraio 1919.

In precedenti lavori (1) fu dimostrato da uno di noi (Tizzoni) che non vi è sempre perfetta corrispondenza fra potere antitossico del siero antitetanico ed il rispettivo potere immunizzante e curativo, anzi questi due termini stanno talora fra di loro in aperta contraddizione; per contro fu stabilito che esiste un rapporto costante fra il potere immunizzante e curativo dello stesso siero provato contro la tossina del tetano ed il corrispondente potere antistricnico già noto per le magistrali ricerche del Lusini (2) sull' antagonismo d' azione del siero antitetanico con la stricnina.

Su queste basi e sopra i risultati di ulteriori ricerche, riferite in successive pubblicazioni (3), si fondò il metodo da noi proposto per la determinazione del potere immunizzante e curativo del siero antitetanico a mezzo della stricnina; metodo che elimina i difetti e gl' inconvenienti relativi alla determinazione del siero antitetanico colla mescolanza in vitro di siero e tossina, derivanti dalle differenti proprietà tossiche delle varie colture del tetano adibite alla preparazione del siero antitetanico, nonchè dalle difficoltà di possedere per il tetano una tossina assolutamente costante (4).

(1) Tizzoni - Ricerche sperimentali sulla siero-terapia nel tetano. Parte I e II - Memorie della R. Accademia delle Scienze di Bologna, Serie V, Tomo IX, 1901.

(2) Lusini - Sull' antagonismo d' azione dell' antitossina Tizzoni e della stricnina. Nota preventiva - Riforma medica, agosto 1917. Arch. Ital. di Biologia, Tomo XXVIII, Fasc. I.

Idem — Sull' antagonismo d' azione dei sieri antitetanici Tizzoni Behring e Roux. - Arch. di Farmacol. sperimentale, Vol. XIII, fasc. 8-9, 1900.

(3) Tizzoni e Perrucci - Intorno ai criteri scientifici per giudicare in modo rapido e sicuro sulla reale efficacia del siero antitetanico. Policlinico, Vol. XXII, M. 1915.

(4) Tizzoni - Vaccinazione e sieroterapia contro il tetano. - Contribuzione allo studio del meccanismo dell' immunità. Biblioteca Medica Italiana, pag. 48 e seg.

Idem - Sul modo di determinare la potenza del siero antitetanico col metodo della mescolanza in vitro. - Riforma Medica, Anno XV, N. 242-243-244-245-226, 1899.

Idem - Sulle differenze dell' azione patogena fra la mia tossina del tetano e quella del Behring. - Gazzetta degli Ospitali e delle Cliniche, N. 39, Anno 1900.

Righi - Contributo alle varietà batteriche; per le differenze fra il bacillo del tetano di Tizzoni e quello di Behring. Giorn. Internaz. di Medicina pratica, N. 13-14, luglio 1901.

Questo metodo che trovò largo consenso clinico e sperimentale nella recente guerra mondiale (1), ha poi il grandissimo vantaggio di essere accessibile a tutti e di condurre a risultati solleciti, esatti, fra loro facilmente comparabili.

Inoltre in tali lavori noi abbiamo anche provato che il potere antistricnico del siero antitetanico è speciale di questo siero, non verificandosi per il siero normale di coniglio, cane e cavallo, e per altri sieri antitossici ed antibatterici anche se usati ad alte dosi (antivelenoso di Calmette, antirabbico, antipneumonico, antidifterico, ecc.); perciò la proprietà antistricnica del siero antitetanico, come pensa pure il Lusini, non può trovare affatto la sua ragione nell'azione di componenti normali del siero od in quella di prodotti generici esistenti anche in altri sieri immunizzanti, bensì nello stesso anticorpo del siero antitetanico capace di neutralizzare gli effetti della rispettiva tossina. A questo riguardo furono espressamente riportate in modo sommario le conclusioni di ricerche praticate da uno di noi (Perrucci) per le quali nell'azione antistricnica del siero antitetanico veniva negata ogni e qualsiasi compartecipazione della colesterina e degli altri lipoidi contenuti nel siero (2).

Peraltro, siccome ultimamente si sollevarono eccezioni al metodo da noi proposto (3), così abbiamo voluto ritornare sull'argomento per meglio chiarire la questione e per stabilire in modo anche più preciso le differenze che eventualmente esistessero nel comportamento della colesterina e del siero antitetanico nell'avvelenamento da stricnina.

In appendice sono riportate le tabelle con i dati riassuntivi riguardanti i singoli esperimenti. La colesterina fu sempre adoprata in sospensione acquosa ed iniettata ora nel peritoneo, ora sotto la pelle; il siero antitetanico fu egualmente iniettato in cavità peritoneale; la minima dose mortale di stricnina, come la mescolanza di colesterina e stricnina, di siero antitetanico e stricnina, fu sempre introdotta sotto la pelle; la distanza fra l'iniezione della colesterina o del siero antitetanico e della minima dose mortale di stricnina, quando non è diversamente indicata fu sempre di 24 ore; la minima dose mortale di stricnina capace di uccidere in media in 15-20 minuti, fu di mg. 4 per le soluzioni vecchie; per quelle più recenti, che erano risultate meno tossiche delle precedenti, fu di mg. 4,5 per kilo.

Da questi esperimenti risulta chiaramente *che la colesterina annulla gli effetti della stricnina per mescolanza in vitro*, come per primo aveva dimostrato l'Almagià (4) (Vedi Serie I); invece *essa non ha alcuna azione quando colesterina e minima dose mortale di stricnina sono iniettate separatamente nella cavia alla distanza di 24 ore l'una dall'altra* (Vedi Serie II); e ciò a differenza di quanto avviene per il siero antitetanico (Serie IV).

(1) Tizzoni e Perrucci - Sulla conservabilità del potere immunizzante del siero antitetanico e sulle cause che possono limitarne la durata. - Giorn. di Medicina Militare, Fasc. V, 1918.

(2) Tizzoni e Perrucci - Intorno ai criteri scientifici ecc. loc. cit.

(3) Londini - Sul potere antistricnico del siero antitetanico. Nota preventiva. - Policlinico, M. Fasc. V, 1918.

(4) Almagià - Ricerche sulla possibilità di neutralizzare la stricnina con la colesterina, lecitina, ecc. - Boll. della R. Accad. Med. di Roma, Fasc. III, IV.

Inoltre abbiamo trovato: che una quantità di colesterina come 3-5 mg. vale per mescolanza ad annullare gli effetti di una sola dose mortale di stricnina uguale a mg. 4, mentre l'animale muore se la dose di stricnina è di mg. 4,5, cioè è appena eccedente (Serie I); che la mescolanza di colesterina e stricnina non è nemmeno capace di determinare nella cavia un aumento di resistenza contro l'avvelenamento stricnico di una certa durata, perchè l'animale che ebbe tale mescolanza muore costantemente se a distanza di 24-48 ore si pratica una nuova iniezione colla minima dose mortale di stricnina (Serie III); per contro col siero antitetanico si hanno nello stesso animale fatti permanenti od almeno di una certa durata, in modo che esso sopravvive a nuove e ripetute iniezioni colla minima dose mortale di stricnina fatte anche a distanza di 25 giorni da quella del siero (Serie IV); finalmente che la quantità di siero antitetanico capace di annullare in vitro gli effetti della minima dose mortale di stricnina è un poco superiore, circa il doppio, di quella che riesce a salvare l'animale quando siero e stricnina sono iniettati separatamente nella cavia a distanza di 24 ore (Serie V).

In proposito degli esperimenti con la mescolanza di colesterina e di stricnina è bene far rilevare ancora alcuni fatti che possono condurre ad erronee interpretazioni dei risultati sperimentali ottenuti dai precedenti osservatori. Invero noi abbiamo trovato che un animale sopravissuto alla iniezione di una mescolanza di colesterina e stricnina può resistere ad una nuova iniezione colla sola minima dose mortale di stricnina praticata 24-48 ore dopo, per altro a condizione che tale iniezione sia fatta al dorso in tutta vicinanza della precedente; *mentre questo non accade quando invece la seconda iniezione è praticata in una parte molto distante dalla prima, ad es. alla regione posteriore della coscia.*

Ciò trova la sua spiegazione nel fatto che molta della colesterina iniettata deve rimanere, come effettivamente rimane, nella parte dove è stata praticata l'iniezione della mescolanza, e che essa riesce anche nell'animale ad esercitare sulla stricnina successivamente iniettata quella stessa azione fisico-meccanica che ne annulla gli effetti in vitro, col determinare un ritardo od un frazionamento nell'assorbimento del veleno, in confronto alla corrispondente soluzione acquosa di stricnina.

E poichè la dose di stricnina iniettata corrisponde alla minima mortale, così basta che la colesterina rimasta nel punto della iniezione ne trattenga una piccolissima quantità, o semplicemente ne rallenti l'assorbimento per pura azione fisico-meccanica, perchè l'animale non abbia a risentirne alcun effetto e sopravviva in buona salute. Per quanto la natura del fenomeno sia diversa, il fatto è identico a quello già dimostrato per riguardo all'iniezione sottocutanea di siero antitetanico e tossina del tetano praticate in punti fra loro distinti ma bastantemente vicini, in cui il valore immunizzante del siero viene ad essere maggiore di quello nel quale il siero e tossina sono iniettati in regioni lontane, perchè nel primo caso dove i cerchi di assorbimento e di diffusione vengono fra loro reciprocamente a toccarsi od a sovrapporsi, buona parte della tossina rimane neutralizzata in sito essendo così sottratta all'azione generale sull'organismo (1).

(1) Tizzoni - Vaccinazione e sieroterapia contro il tetano, ecc., loc. cit., pag. 104 e seg.

Perciò per potere affermare con tutta sicurezza che un animale iniettato con sola colesterina riesce a sopportare l'iniezione della minima dose mortale di stricnina fatta dopo 24 ore, *bisogna che ciò avvenga in soggetto nuovo che non ha subito altri esperimenti del genere, e che l'iniezione della stricnina sia fatta in parti del corpo molto distanti della precedente, per evitare gli errori di giudizio che possono derivare dalla fissazione nell'animale a mezzo della colesterina rimasta in sito inassorbita di una piccolissima parte della stricnina introdotta e tale da far mancare gli effetti mortali.*

Stabiliti questi fatti è facile dare il giusto valore ai precedenti esperimenti che a prima vista possono essere interpretati ed invocati come prove positive dell'azione che la colesterina è capace di esercitare sulla stricnina anche quando questa è iniettata separatamente nell'animale.

Così si può giustificare perchè il Raimondi (1) con un vero imbottimento del coniglio mediante la colesterina, nel quale cioè erano state fatte 10 iniezioni di colesterina di 20 cg. ciascuna praticate per 10 giorni consecutivi ed in giorni alterni (ciò che conduce sempre a grave deperimento nella nutrizione generale), sarebbe riuscito in due casi a far sopportare agli stessi animali una dose di stricnina di mg. 0,60 - 0,65 per kilo; in un caso anche per due volte di seguito, mentre riuscì letale una terza iniezione di stricnina di mg. 0,75 per kilo. Nei rispettivi protocolli essendo taciuta la via d'introduzione della colesterina, è presumibile, anche per la dose elevata introdotta, che tali iniezioni di saggio con la stricnina fossero pure praticate nel sottocutaneo in tutta vicinanza delle precedenti. Per altro è doveroso anche ricordare le giuste riserve dello stesso autore a riguardo di questi esperimenti, affrettandosi a dichiarare nelle conclusioni che i *risultati da lui conseguiti richiedono di essere confermati da più estese ricerche.*

Le medesime obbiezioni possono farsi al riguardo delle esperienze posteriori di Lusini e Mori (2), i quali avrebbero trovato che la iniezione della colesterina e stricnina fatte separatamente nel coniglio, e tanto in modo contemporaneo quanto facendo precedere quella della colesterina di qualche tempo, fino ad un giorno intero, sono ben tollerate dall'animale, così da ritenere che la precedente iniezione della colesterina sia stata atta a difenderlo dall'azione della stricnina somministrata in minima dose mortale o poco più. Probabilmente anche in queste esperienze del Lusini e Mori l'iniezione della colesterina e quella della stricnina erano state fatte sotto la pelle od in parti del corpo fra loro molto vicine, da cui la fissazione di una parte della stricnina iniettata per opera della colesterina rimasta inassorbita e la sopravvivenza dell'animale.

(1) Raimondi - Sul modo di azione dei sieri antitetanici e di alcuni preparati chimici rispetto all'avvelenamento di stricnina. - Arch. f. exp. Pathologie u. Pharmakologie, Bd. 59 bis, 1908, pag. 449.

(2) Lusini e Mori - Sull'azione disintossicante dei principî componenti la bile rispetto alla stricnina, La Clinica Veterinaria. Sez. Scientifica, 1909, pag. 27.

Non risulta che l' Almagià (1) abbia fatto prove in vivo, vale a dire introducendo nell' animale colesterina e stricnina con iniezioni separate e distinte.

Quindi nessuna esperienza precedente serve in modo inconfutabile a dimostrare che la colesterina iniettata separamente nell' animale è capace di annullare l' azione della minima dose mortale di stricnina; fatta solo eccezione di quella sopra ricordata (2) in cui l' iniezione della colesterina e della stricnina furono fatte in regioni separate e distinte, cioè la prima in cavità peritoneale e la seconda nel connettivo sottocutaneo. Ma a tale riguardo crediamo opportuno richiamare l'attenzione sopra un inconveniente che in questi esperimenti può verificarsi e cioè che se non si adoperano soluzioni di stricnina bastantemente vecchie e ripetutamente controllate, con facilità si verificano oscillazioni negli effetti tossici della minima dose mortale, per quanto questa sia sempre esattamente calcolata per la cavia a mg. 4 per kilo.

In ogni modo qualunque sia la spiegazione che si vorrà dare dei pochi casi positivi finora noti, è certo questo: che gli esperimenti con l' iniezione separata nell' animale della colesterina e della stricnina non sempre e non a tutti sono riusciti, e quando ciò è accaduto, questo il più spesso si è verificato in particolari condizioni in cui può entrare in giuoco anche nell' animale un' azione di contatto o di fissazione; mentre il siero antitetanico provato nello stesso modo contro la stricnina è riuscito sempre e nelle mani di tutti, qualunque sia la parte nella quale è stato introdotto.

Crediamo così di aver dimostrato che *la colesterina non agisce contro la stricnina altro che per mescolanza e come conseguenza di un fenomeno comune, l'assorbimento, mentre il siero antitetanico opera sull' animale anche separamente determinando nella cavia e nel coniglio un' assoluta resistenza contro l' avvelenamento di stricnina di durata bastantemente lunga e del tutto paragonabile a quanto si riscontra nell' immunità specifica.*

In altre parole la colesterina ed il siero antitetanico non solo rispondono nell'esperimento contro la stricnina in modo del tutto differente, ma molto diverso è il meccanismo col quale tali prodotti operano.

I risultati meno favorevoli che si hanno col siero antitetanico negli esperimenti per mescolanza di fronte a quelli in cui siero e stricnina sono iniettati separatamente nell' animale e ad una certa distanza di tempo, trovano poi la loro ragione in una maggiore velocità delle correnti di assorbimento e di diffusione della stricnina in rapporto a quelle dei componenti colloidali del siero ai quali il corpo specifico probabilmente appartiene. Per cui un più sollecito assorbimento od una più rapida diffusione della stricnina che trovasi nella mescolanza, fanno si che questa esercita indisturbata la sua azione sul sistema nervoso, prima che il rispettivo elemento specifico del siero antitetanico abbia avuto tempo e modo di essere assorbito e di potere esercitare la sua azione antagonistica.

---

(1) Almagià - loc. cit.
(2) Londini - loc. cit.

A prova di questo abbiamo fatto separatamente nell' animale la iniezione del siero e quella della stricnina, ma a brevissima distanza di tempo, in 30 minuti, ed abbiamo praticata la prima in cavità peritoneale anzichè sotto la pelle, cosi da compensare la diversa velocità di assorbimento e di diffusione dei due corpi e di permettere alla stricnina di arrivare al sistema nervoso quando questo era già sufficientemente protetto. Ebbene in questo esperimento si otteneva risultato positivo e l' animale fu salvato, per quanto si usasse la stessa dose di cc. 0,2 che si era dimostrata sufficiente quando siero e stricnina erano stati iniettati alla distanza di 24 ore e che invece aveva fallito nelle prove per mescolanza (Vedi Esperimento 4° Serie IV).

Questo serve di importante conferma alla conclusione che il siero antitetanico non neutralizza l' azione della stricnina per semplice affinità chimica e nemmeno per puro fenomeno meccanico-fisico di assorbimento e di trattenuta.

Finalmente riguardo alle esperienze praticate nella cavia con l' iniezione separata di siero e stricnina, noi possiamo oggi affermare che questo animale serve benissimo, come il coniglio, ed anche meglio di questo, per la determinazione del potere immunizzante e curativo del siero antitetanico, offrendo una scala di giudizio molto più larga che ci permette di apprezzare nel valore del siero delle differenze anche più piccole, perfino di decimi, e di presentare un limite molto più netto fra risultato positivo e negativo. Infatti mentre nella cavia si verificano due sole possibilità, cioè che essa non presenti nessun fenomeno morboso, o leggero, transitorie scosse, specie di fugaci sussulti, ed allora sempre sopravvive, oppure cada a terra colpita da accesso stricnico nel qual caso costantemente muore dopo un tempo variabile; invece il coniglio, anche quando avviene l' accesso e cade a terra, non sempre muore, ma alcune volte dopo poco solleva la testa, si rialza sul treno anteriore, e poi sul posteriore, che spesso rimane per qualche tempo contratto o paralizzato. Cosi mentre nella cavia l' accesso segna il limite netto fra i casi che muoiono e quelli che sopravvivono, invece nel coniglio, non è più l' accesso che stabilisce il risultato positivo o negativo della prova, bensi la morte o la sopravvivenza dell' animale, per la quale alcune volte si richiede qualche tempo prima di poter dare un giudizio definitivo.

PROTOCOLLO DEGLI ESPERIMENTI

Serie I. — Esperienze con mescolanza in vitro di colesterina e stricnina.

N. delle esperienze	Animale	Peso in grammi	Mescolanza		Esito	Osservazioni
			colesterina	stricnina		
1	Cavia	270	mgrm. 3	mgrm. 4 p. Kg.	vive	—
2	»	220	» 5	» 4 »	vive	—
3	»	250	» 5	» 4 »	vive	—
4	»	240	» 5	» 4 »	vive	—
5	»	250	» 5	» 4,5 »	† in 11 m'	—

Serie II. — Esperienze con iniezione separata nell'animale di colesterina e stricnina.

N. delle esperienze	Animale	Peso in grammi	Colesterina		Stricnina	Esito	Osservazioni
			Quantità	Sede della iniezione			
1	Cavia	220	mgrm. 3	peritoneale	mgrm. 4 p. Kg.	† in 12 m'	—
2	»	250	» 6	»	» 4 »	† » 32 »	—
3	»	230	» 10	»	» 4 »	† » 13 »	—
4	»	280	» 10	»	» 4,5 »	† » 27 »	Soluzione recente di stricnina
5	»	370	» 10	sottocutanea	» 4,5 »	† » 28 »	Iniezione della stricnina al dorso in punto distante da quello della colesterina.
6	»	290	» 10	»	» 4,5 »	† » 16 »	Iniez. di stricnina alla coscia

Serie III — Esperienze sulla durata della resistenza alla stricnina determinata dalla iniezione della mescolanza in vitro di colesterina e stricnina.

N. delle esperienze	Animale	Peso in grammi	Mescolanza		Successive iniezioni di stricnina			Esito
			colesterina	stricnina	distanza	Quantità	sede	
1	Cavia	220	mgrm. 5	mgrm. 4 p. Kg.	—	—	—	vive
»	»	»	—	—	24 ore	mgrm. 4 p. Kg.	dorso	vive
»	»	200	—	—	48 ore	mgrm. 4 p. Kg.	ventre	† dopo ore
2	»	270	mgrm. 3	mgrm. 4 p. Kg.	—	—	—	vive
»	»	»	—	—	48 ore	mgrm. 4 p. Kg.	dorso (1)	† in 14 m′
3	»	240	mgrm. 5	mgrm. 4 p. Kg.	—	—	—	vive
»	»	220	—	—	24 ore	mgrm. 4 p. Kg.	dorso (2)	vive
»	»	»	—	—	48 ore	mgrm. 4 p. Kg.	coscia	† in 1h, 16 m′
4	»	250	mgrm. 5	mgrm. 4 p. Kg.	—	—	—	vive
»	»	230	—	—	24 ore	mgrm. 4 p. Kg.	coscia	† in 1h

(1) L' iniezione di stricnina fu fatta a distanza dal punto in cui venne praticata quella della mescolanza colesterina-stricnina.

(2) L' iniezione di stricnina fu fatta quasi nello stesso punto in cui venne praticata quella della mescolanza colesterina-stricnina.

Serie IV. — Esperienze con l' iniezione separata del siero antitetanico e della stricnina. (iniezione del siero endovenosa nel coniglio, peritoneale nella cavia).

N. delle esperienze	Animale	Peso in grammi	Cavallo siero-produttore	Quantità di siero iniettata	stricnina	Distanza della iniezione del siero	Esito	Osservazioni
1	Cavia	270	Vena	c.c. 0,5	mgrm. 4 p. Kg.	24 ore	vive	
»	»	»	»	» »	» 4 »	2 giorni	»	
»	»	290	»	» »	» 4 »	3 »	»	
»	»	»	»	» »	» 4,5 »	10 »	»	prova comparativa con le esperienze 5 e 6. Serie II.
»	»	370	»	» »	» 4 »	15 »	»	
»	»	360	»	» »	» 4 »	25 »	»	
2	Coniglio	1350	Tagiura	c.c. 0,5	» 8 »	24 ore	»	
3	Cavia	270	»	» 0,2	» 4 »	» »	»	
4	»	290	»	» 0,2	» 4 »	30 m′	»	
5	»	240	»	» 0,1	» 4 »	24 ore	† in 14 m′	

Serie V. — Esperienze con mescolanza in vitro di siero antitetanico e stricnina.

N. delle esperienze	Animale	Peso in grammi	Cavallo siero-produttore	Mescolanza		Esito	Osservazioni
				siero	stricnina		
1	Cavia	220	Tagiura	c. c. 0,2	mgrm. 4 p. Kg.	† in 58 m'	
2	»	210	»	» 0,2	» 4 »	† » 24 »	tenuta la mescolanza 24h al termostato.
3	»	250	»	» 0,3	» 4 »	† » 27 »	
4	»	380	»	» 0,4	» 4 »	vive	
5	»	210	»	» 0,5	» » »	vive	

Osservazioni sull'alimentazione del pollame e sulla produzione delle uova

NOTE

DEL

Prof. ALESSANDRO GHIGI

lette nella Sessione del 18 Maggio 1919.

I. – Alimentazione.

Lo stato di guerra aveva creato nell'inverno 1916-17 una situazione eccezionalmente difficile per l'alimentazione del pollame, giacchè la mancanza totale del granoturco, riservato all'alimentazione umana, e la scarsità di crusca, turbavano le consuetudini dei coloni, i quali ritenevano di non potere ulteriormente allevare il pollame e riversavano sul mercato grande quantità di galline, cominciando a provocare quella crisi delle uova che si è poi resa acuta nel periodo immediatamente successivo.

Sorse allora l'idea di sostituire al frumentone mangimi inadatti all'alimentazione umana, ed economicamente vantaggiosi in quanto avessero la possibilità di unire al prezzo modesto un valore nutritivo alto, e pensai agli alimenti carnei, i quali, sebbene non siano comunemente usati nel nostro paese, sono tuttavia largamente somministrati al pollame all'estero e sono da considerarsi, tenuto conto dell'alta loro percentuale in sostanze proteiche, come stimolanti al massimo grado la deposizione delle uova.

Nella scelta dell'alimento carneo uno dei primi requisiti da cercare è la sua conservazione, perchè è ovvio che alimenti freschi e putrescibili, se possono essere facilmente usati per un esperimento, od anche più largamente in luoghi provvisti di pubblico macello, non possono diventare oggetto di commercio esteso, sia per la poca convenienza di spedirli a distanza, sia per la difficoltà che i privati incontrano nel somministrarli al pollame, sotto forma di cibo appetitoso e capace di conservarsi in buone condizioni per qualche tempo. Era necessario pensare innanzi tutto ad un alimento secco, e scelsi allo scopo la crisalide di bachi da seta.

Crisalide. - È noto come questo alimento sia largamente usato nella alimentazione degli uccelli insettivori, ridotto in farina e mescolato a farina di granoturco, in misura variabile secondo le circostanze e secondo le consuetudini.

Io non sono mai riuscito ad ottenere che le massaie somministrino crisalide ai polli in modo utile, e questo per due ragioni. La crisalide deve essere somministrata asciutta, perchè se inumidita artificialmente o bagnata dalla rugiada o dalla pioggia, ammuffisce con estrema rapidità, ed il pollame la sdegna. Inoltre, come accade per molti altri alimenti, gli uccelli non abituati a questo cibo impiegano prima di adattarvisi un certo periodo, durante il quale l'allevatore deve essere paziente e deve fare delle miscele e delle razioni miste, nelle quali la crisalide deve essere aumentata gradualmente.

Nel mio aviario uso da molti anni la crisalide, sia nell'alimentazione dei fagiani adulti, sia nell'allevamento dei giovani, e ne ho sempre ottenuti buoni risultati. Da prima ero solito far somministrare crisalidi infrante mescolate a farina di frumentone; poi, a poco per volta, si è sostituita crisalide intera, somministrata in recipiente distinto e non mescolata alle granaglie, che pure si danno a complemento della razione.

Circa la somministrazione della crisalide al pollame, io ho sentito quasi universalmente sollevare il dubbio che tanto la carne quanto le uova di polli alimentati in tal modo, acquistino un sapore nauseante che rende immangiabili quei prodotti.

Durante l'estate e l'autunno del 1916, la crisalide è stata la base dell'alimentazione dei miei polli e dal mese di ottobre in avanti, per mancanza di granagtie essa ha costituito l'unico cibo di essi. Le osservazioni da me fatte si possono riassumere nel modo seguente.

Fino a tanto che il pollame ha potuto completare la propria alimentazione vagando nei campi, non si è notato alcun sapore sgradevole nella carne e neppure nelle uova. Credo di poter dunque asserire che la crisalide somministrata come coefficiente di una razione mista, specialmente allo stato libero, non deteriora affatto nè la carne nè le uova.

Al sopraggiungere del freddo, verso la metà di novembre, cessò la produzione delle uova, cosicchè non ho potuto fare osservazioni sui caratteri delle uova prodotte durante una alimentazione costituita esclusivamente da crisalidi.

Peraltro il pollame, del quale facevano parte una cinquantina di polli padovani destinati alle mie ricerche sulla eredità dell'ernia cerebrale, cessò di vagare pei campi dove nulla trovava, e riducendosi a passare l'intera giornata intorno a casa, si sottopose forzatamente al regime esclusivo della crisalide.

Allora il cattivo sapore di questa comparve rapidamente nelle carni, e dovetti fare qualche prova per determinare in quanto tempo esso potesse essere tolto. Dalle prove ripetutamente compiute, accertai che una settimana di alimentazione a granturco coll'esclusione della crisalide, è sufficiente per togliere alle carni il sapore di quella. Le parti che più tardi si liberano dal cattivo sapore sono i quarti posteriori, i quali del resto sono più di ogni altra parte del corpo impregnati di odore e sapore sgradevole, anche nel periodo della alimentazione esclusiva. Questa esperienza prova l'utilità dell'impiego della crisalide nell'allevamento dei polli da carne, precedentemente all'ingrassamento e raffinamento finale. Tale impiego in tempi normali, quando quel prodotto aveva un valore inferiore a L. 30 per quintale, era veramente economico.

Al principio dell'anno 1917, la crisalide salì rapidamente a prezzi elevati per oltrepassare le L. 100 nell'ottobre 1917; inoltre, prescindendo dalla minore convenienza economica, la merce non si trovò più sul mercato, ed io dovetti intensificare esperienze già iniziate con altri alimenti.

***

I **visceri dei bovini**, macellati nel pubblico macello, richiamarono la mia attenzione. Prima della guerra essi erano in parte gettati coi rifiuti e trasformati in concime, in parte salati per essere poi utilizzati nella fabbricazione degli insaccati. Il loro prezzo si aggirava intorno alle otto lire per quintale, e si può dire che tale si sia mantenuto fino all'autunno avanzato del 1917, quando cioè la scarsità delle carni si manifestò quasi improvvisamente.

Partendo dal principio che io desidero innanzi tutto un preparato carneo capace di essere conservato a lungo in buone condizioni, per essere eventualmente spedito a distanza, feci sottoporre i visceri dei bovini, accuratamente lavati, all'essiccazione al sole, ma i risultati furono cattivi perchè il calore solare non impedisce un principio di putrefazione, ed il preparato mantiene poi un odore disgustoso che lo rende sgradevole al pollame.

Ottimo risultato ho invece ottenuto sottoponendo i visceri ad altissime temperature in una stufa a gas e macinando poi il materiale essiccato. Se ne ottiene una polvere color marrone, con odore di carne secca assai gradevole, i cui campioni conservati in vasi di vetro sono ancora oggi, dopo 15 mesi, in ottimo stato.

La utilizzazione di tutti i visceri di animali è dunque da tenersi in seria considerazione per trarne preparati carnei essiccati, per l'alimentazione del pollame, quando saranno tornate allo stato normale non soltanto le condizioni della zootecnica, ma anche quelle dei combustibili, giacchè devo aggiungere che io non potei praticare l'essiccamento dei visceri se non in via sperimentale, e ciò perchè proprio allora mancò il gas, ed il carbone e la legna salirono a prezzi enormi.

Tuttavia ho potuto compiere con visceri freschi un allevamento sperimentale in un piccolo spazio di terreno annesso a questo Istituto Zoologico, e, sia per il risultato ottenuto nell'accrescimento, sia per la produzione delle uova, ne sono stato altamente soddisfatto. Ma di questo parlerò più innanzi.

***

Un altro alimento ha richiamato la mia attenzione, la **farina di molluschi**. Tutti sanno che il pollame appetisce le chiocciole di varie specie allo stato fresco, ma la loro somministrazione e conservazione non è facile. Le chiocciole infatti si raccolgono in grande quantità in luoghi e tempi determinati e, se la spesa di raccolta non è

eccessivamente elevata, è tuttavia necessario predisporre locali per la loro conservazione ed alimentazione.

È anche dubbio se, in momenti come questi, nei quali la crisi delle carni ha raggiunto il massimo grado nell'alimentazione umana, sia convenienza sottrarre a questa un cibo che, come l'*Helix pisana* (lumachino) nelle vicinanze del mare, e le *Helix pomatia* e *lucorum* nelle provincie dell'interno sono diventate di uso comune.

Astrazione fatta da questa considerazione, dirò che avendo potuto avere Kg. 2,100 di chiocciole raccolte da un ragazzo, le sottoposi a cottura in autoclave, ricavandone gr. 820 di materia secca. Questa è stata ridotta in polvere che a 14 mesi di distanza dal momento della sua preparazione, conserva ancora ottimi caratteri organolettici ed un odore che ricorda quello del mollusco fresco.

Avendo pesato alcune chiocciole secche, prima della macinazione, è risultato che il peso medio del guscio sta a quello del corpo essiccato come 5 sta ad 1.

Quanto al prezzo, considerando che le chiocciole avevano costato complessivamente L. 0,50, ossia poco più di 23 centesimi al chilo, la polvere secca sale al prezzo di L. 0,51 senza tener conto della spesa di cottura e di macinazione. Queste non possono essere calcolate in una quantità così piccola, ma nel periodo di guerra raddoppiano certamente la spesa della materia prima.

L'essiccamento rapido è sempre necessario perchè il preparato si conservi perfettamente: verificandosi anche per le chiocciole il medesimo inconveniente che si è verificato per i visceri dei bovini seccati al sole.

Calcolando che un quintale di farina di chiocciole costi L. 100, conviene domandarsi se vi sia convenienza a prepararla.

La risposta è semplice. I gusci d'ostrica, i quali si trovano in grande abbondanza sul mercato, e che io ho acquistato in discrete quantità al prezzo di L. 15 al quintale posti in laboratorio, hanno richiesto una spesa di macinazione di L. 8 al quintale, cosicchè la farina di gusci d'ostrica mi costa complessivamente L. 23 al quintale.

Considerando che in un quintale di farina di chiocciole la sostanza calcarea è contenuta nella proporzione di 5 ad 1, il che dà una quantità effettiva di Kg. 83.400 di fronte a Kg. 16.600 di carne secca di mollusco, il valore di questa va stabilito prendendo come base il prezzo di L. 23 al quintale per la sostanza calcarea. Questo ascende a L. 19,20, il che darebbe un prezzo di L. 80,80 per il corpo del mollusco, pari ad oltre L. 480 per quintale, prezzo veramente eccessivo. Perchè la farina di chiocciole potesse essere conveniente sotto l'aspetto economico, bisognerebbe che il prezzo della materia prima fosse estremamente basso, e che il fuoco tornasse al costo che aveva prima della guerra. Io credo che soltanto le limnee e le paludine, che in primavera si raggruppano in quantità considerevoli presso le chiaviche delle risaie, possano forse corrispondere a questa esigenza.

Analogamente potrebbero servire e forse meglio i granchi che si pescano in grande quantità nelle valli salse e sulle rive del mare, ai quali normalmente si suole attribuire un valore di L. 10 al quintale: con questo prodotto non mi è stato tuttavia

ancora possibile fare esperimenti. Ritengo però *a priori* che la convenienza sarà sempre relativa al costo del combustibile, perchè la condizione essenziale di una buona farina carnea è che essa sia stata prodotta con materiali che non abbiano subìto alcun principio di putrefazione o di fermentazione, nel qual caso non sono più facilmente appetibili e non credo che presentino alcuna ragione di preferenza di fronte alla farina di crisalidi.

*
* *

Alimento vegetale che merita qualche parola è la **ghianda.** Da molti anni allevo in libertà un certo numero di fagiani venerati (*Syrmaticus reevesii*), ed osservo costantemente che in autunno questi animali passano la giornata sotto ad alcune quercie per cibarsi delle ghiande che infrangono prima col becco. Questa osservazione mi ha spinto ad usare largamente la ghianda come succedaneo del granoturco e degli altri cereali che soglionsi somministrare al pollame.

Le mie osservazioni si riassumono nel modo seguente:

1°. La ghianda fresca è singolarmente appetita da tutti i gallinacei che imparano facilmente ad infrangerla, colpendola col becco orientato in direzione verticale all' occipite.

2°. La ghianda stagionata ed asciutta è ugualmente appetita dai gallinacei che hanno presa l' abitudine di infrangerla fresca.

3°. La ghianda completamente secca deve essere somministrata infranta agli stessi animali.

4°. La farina di ghianda, essa pure completamente essiccata, a cagione di un aroma che non si avverte quando la ghianda è intera, è poco appetita dal pollame, ed è necessario somministrarla in poca quantità e mischiata ad altre farine (1).

Complessivamente la ghianda, anche al prezzo di L. 60 al quintale, va considerata un ottimo mangime pei polli: al prezzo di L. 5 a 6 al quintale, praticato prima della guerra, doveva considerarsi come il mangime di maggior convenienza, tanto da destare meraviglia che i pollicoltori non abbiano mai pensato ad introdurla nella ordinaria alimentazione.

Si obbietterà che la ghianda è un prodotto deperibile per la sua facilità a fermentare durante il viaggio. Questa obbiezione ha valore in tempo di guerra, non in tempo di pace, quando il costo degli imballaggi sia normale. Se la ghianda viene spedita in sacchi, in ceste ed in isporte, disposte in vagone arieggiato in modo che l'aria circoli negli interstizi, la fermentazione non ha luogo. Questa è invece sicura, quando la merce è spedita alla rinfusa, anche se stagionata. Alcuni vagoni di ghiande

---

(1) Il Cranfield H. T. in *The Journal of the Board of Agriculture* v. XXV, n. 5, p. 573-576, Londra, ag. 1918, riferisce che ha somministrato farina di ghiande e ghiande tritate in sostituzione di granaglie e cruschello per quattro settimane, ed ha trovato che il valore alimentare delle ghiande è comparabile ad un miscuglio di granturco ed avena.

giunti a Bologna in gennaio e febbraio erano in condizioni pessime, quando la durata del viaggio aveva oltrepassati gli otto giorni, e la merce era alla rinfusa.

***

Frequentemente si è potuto disporre a Bologna, durante la guerra, di **cascami di riso** e qualche volta questo era l'unico alimento vegetale disponibile. È noto che i pulcini sono ghiotti della risetta; però io ho potuto osservare che somministrando solo questo alimento, lo sviluppo si rende molto ineguale ed il numero dei pulcini che non crescono va rendendosi forte.

Credo conveniente a questo punto riferire un caso di *beriberi* nei piccioni. Una coppia di magnifici piccioni romagnoli bianchi, fu da me affidata nell'aprile 1917 ad un contadino, il quale li rinchiuse nel locale ad essi destinato ed ottimo allo scopo, nutrendoli esclusivamente con risetta per oltre un mese. Fui informato un giorno che i due piccioni erano malati. Li feci portare al Laboratorio e constatai un forte dimagrimento in entrambi, complicato da diarrea: la femmina non poteva più camminare nè volare, ma le ali le servivano per spostarsi alquanto, appoggiandovisi sopra. Il maschio non era ridotto a questi estremi, dimostrava peraltro di essere sulla stessa strada.

Non potendo supporre che questa malattia fosse in relazione colla qualità del cibo, ordinai che la femmina venisse uccisa, ma collocata per un momento fuori della colombaia beccò con avidità alcuni chicchi di grano e di frumentone. Dubitai allora della verità e, somministrando questi cereali, in un periodo abbastanza breve, i due piccioni si rimisero completamente, dopo avere fornito la prova che la risetta somministrata come cibo esclusivo, può determinare fenomeni analoghi al *beriberi*.

II. - **Selezione di stirpi feconde.**

Tenuto conto delle osservazioni che nel corso degli anni 1916, 1917 e 1918 ho potuto fare su questi varî alimenti e tenuto conto specialmente delle condizioni del mercato che mi hanno via via costretto a sostituire un cibo all'altro, passo ora a descrivere i risultati che ho fino ad ora conseguiti.

L'allevamento sperimentale ha avuto inizio il 5 aprile 1917 con una covata di 38 pulcini fornitimi dal Sig. Giulio Mazzoni: a questa prima covata se ne aggiunse una seconda di 25 pulcini il 2 maggio.

Il nutrimento fu nei primi mesi esclusivamente costituito di crisalide e di risetta, ma i risultati dello sviluppo, ottimi in principio, non si mantennero tali. Si verificò una grande disuguaglianza di accrescimento, difficoltà nella crescita delle penne ed una sensibile mortalità, specialmente nella seconda covata.

Il 9 luglio 1917 vennero modificate le razioni alimentari, sostituendo alla crisalide trippa fresca bollita, passata al tritacarne ed infarinata con cruschello tanto da ren-

derla piuttosto asciutta, nonchè farina d'ostrica nella proporzione di 150 grammi per giorno. Questo nutrimento veniva somministrato due volte al giorno, al mattino ed alla sera, mentre a mezzogiorno si seguitò a dare risetta. Si aggiunse anche verdura, non essendovene più nello spazio scoperto, nel quale aveva luogo l'allevamento.

Dopo una settimana era già manifesto un grande miglioramento, non solo per la cessata mortalità, ma più ancora per il ripreso sviluppo. Questo tipo di alimentazione venne mantenuto fino al termine dell'allevamento; alla fine di ottobre poi fu fatta la cernita dei prodotti, e vennero conservate soltanto dodici pollastre di tipo nostrano, destinate alla produzione delle uova.

L'alimentazione di queste pollastre non fu cambiata nei mesi di novembre e dicembre. A gennaio fu soppressa la risetta e sostituita con ghianda fresca infranta, che fu così alternata al pasto di trippa mescolata a cruschello e farina d'ostrica.

***

La produzione delle uova nel periodo decembre 1917-aprile 1918 risulta dall'unita tabella, dalla quale si possono trarre altresì dati di fatto di un certo interesse.

1°. La media della produzione invernale e primaverile delle uova di 12 pollastre è in cinque mesi di 49,5 per ogni capo. Se vogliamo aumentarla per gli altri sette mesi dell'anno soltanto di un terzo, e ciò per misura prudenziale, otterremo una media di 74,2 uova per gallina: media indubbiamente buona se si considera che il pollame non aveva subìto alcuna selezione, che era stato allevato in un cortile piuttosto ristretto, e che nei primi mesi di vita lo sviluppo non ne era stato completamente soddisfacente. Ritengo di poter dunque attribuire l'elevata produzione al nutrimento particolarmente stimolatore dell'ovificazione.

2°. Due galline peraltro, il N. 10 che mai depose uova, ed il N. 7 che dopo aver deposto 22 uova al 24 gennaio divenne chioccia e più non produsse, furono eliminate entro il mese di febbraio. Se, tenendo conto di questo fatto, consideriamo la media delle uova deposte nei cinque mesi dalle altre dieci galline, essa ascende a 57,2 per gallina: questa media, aumentata di un terzo per gli altri 7 mesi, ascende a 85,8, media che nelle circostanze nelle quali si è svolto l'allevamento è da considerarsi veramente buona. Questa constatazione di fatto suffraga maggiormente quanto ho asserito circa la bontà dell'alimentazione.

3°. Le galline che hanno deposto uova in numero superiore alla media di 57,2 sono soltanto quattro e precisamente i numeri 3, 8, 11, 12: le altre 6 galline hanno deposto uova in numero inferiore alla media. Questo fatto è conforme all'asserzione da me altra volta espressa (1), che il numero delle galline che depongono uova in numero inferiore alla media aritmetica dell'intero pollaio, supera quello delle galline che depongono uova in numero superiore alla media.

---

(1) Ghigi A. — L'allevamento degli animali da cortile nell'azienda agraria. *Boll. Soc. Agricol. ital.* Anno XV, N. 23, 15 decembre 1909

4°. Queste ultime sono quelle delle quali si deve tener conto per la selezione di stirpi maggiormente feconde. La media delle uova prodotte dalle quattro galline 3, 8, 11, 12 ascende a 70 e, per l'intera annata, a 105. Di fatto il N. 8 cessò di deporre uova colla fine di aprile, mentre i N. 3, 11, 12 deposero a tutto settembre rispettivamente 104, 118 e 113 uova.

5°. Le tre galline che hanno deposto la maggiore quantità di uova sono quelle che si erano addimostrate più precoci, e che avevano nel trimestre invernale dicembre-gennaio-febbraio deposto rispettivamente 32, 39, 37 uova. Questo fatto conferma i risultati del Pearl (1) il quale ammette che le galline ad alta fecondità sono quelle che depongono durante i mesi d'inverno un minimo di 30 uova. Quando questa cifra è superata, la gallina possiede il fattore L_2 che esprime l'alta fecondità; fattore distinto da L, che esprime la fecondità normale presente in ogni gallina pel solo fatto di essere femmina provvista di ovaia.

6°. I risultati esposti mi hanno condotto a destinare alla riproduzione le galline contraddistinte dai N. 3, 11, 12, come le uniche in possesso del fattore alta fecondità.

*
* *

Ho detto che le galline da me allevate erano di tipo nostrano, e provenivano da uova acquistate senza cernita sul mercato. Ho voluto che il gallo fosse invece un esemplare di sicura genealogia, ed ho scelto allo scopo un Valdarno dell'allevamento Pestellini di Firenze. Questo gallo è molto robusto, alto, di mantello perfettamente nero, tarsi grigi, orecchioni bianchi ed assai sviluppati: complessivamente esso tende più al tipo Minorca che non al tipo nostrano, ed ha dato ottimi risultati giacchè tutte le uova poste in incubazione sono fecondate.

Dalla gallina N. 3 ho allevato 9 prodotti, nati il 23 aprile, dei quali 4 maschi e 5 femmine. Di queste, tre sono perfettamente nere, di tipo Valdarno, e le altre due sono bianche con qualche penna nera. Dei galli tre sono bianchi con penne nere ed uno nero con striscie dorate nel collo e sulle ali.

Della gallina N. 11 ho allevato in due covate, 27 prodotti, dei quali 11 femmine e 16 maschi. Anche in queste covate parte degli esemplari sono neri e parte bianchi con macchie nere e rosse. Le femmine sono rimaste solamente 9, perchè due sono sparite durante la notte.

Della gallina N. 12 ho allevato una covata di cinque maschi e quattro femmine, tutti neri. Debbo notare che questa gallina possiede qualche penna alle zampe, carattere che denota in essa una traccia d'incrocio, e che si è trasmessa alla maggior parte dei figli. Eliminati tutti gli esemplari con penne ai tarsi, è rimasta una sola coppia di tipo Valdarno.

(1) Pearl, R. — The Mode of Inheritance of Fecundity in the Domestic Fowl. *Journ. Exper. Zool.* Vol. 13, N. 2, 1912.

Considerando nell'insieme i caratteri esteriori di tutto il pollame allevato, debbo dire che sono risultati dominanti i caratteri del gallo Valdarno, consistenti nell'orecchione bianco e nel tarso grigio. Invece il color nero dell'abito si è riprodotto in tutti i figli di madre nera, mentre quelli di madre biancastra sono risultati neri soltanto in numero inferiore alla metà. Nell'uno e nell'altro caso le femmine nere sono rimaste interamente tali anche dopo la muta di adulte, mentre i maschi hanno presentato, dopo la muta, strie argentate o rosse sul collo, sulle ali e sul groppone.

*
* *

Nello studio ulteriore di questo pollame, attribuisco alla famiglia il numero contrassegno della madre.

La famiglia N. 3, nata in aprile, è stata allevata presso una casa colonica dove trovasi poco pollame: è cresciuta precocemente e le femmine hanno cominciato a deporre uova all'età di cinque mesi compiuti.

La famiglia N. 11 è cresciuta nel mio parco e si è sviluppata magnificamente, ma i pollastri hanno preso l'abitudine di appollaiarsi sugli alberi, cosicchè non è stato possibile eseguire il controllo delle uova che nella seconda quindicina di ottobre sono state deposte nelle macchie dagli esemplari della prima covata.

La famiglia N. 12, allevata tardi e ridotta ad un'unica coppia, non ha ancora raggiunto il grado di sviluppo necessario per la deposizione delle uova.

Considerando la deposizione della famiglia N. 3, ho notato innanzi tutto una notevole precocità, specialmente nelle 3 pollastre nere; in secondo luogo ho veduto che la fecondità media è aumentata, perchè le cinque femmine hanno dato nei due mesi e mezzo autunnali una media di 35,4 uova che fa presumere una media generale annua di oltre 100 uova. Se poi vogliamo considerare le sole 2 pollastre nere che hanno deposto in tutto il mese di settembre, avremmo una media annua presumibile di oltre 120 uova, media superiore a quella delle migliori riproduttrici della generazione madre.

Converrà ora procedere alla registrazione delle uova che saranno deposte nell'inverno e nella primavera prossima, provvedendo altresì alla sperimentazione del valore riproduttivo dei galli, giacchè è necessario tener conto degli esperimenti del Pearl, i quali tendono a provare che il fattore alta fecondità che si esprime con una produttività invernale superiore a 30 uova, fattore che noi vogliamo isolare, è trasmesso dal padre e non dalla madre.

SPECCHIO DE

nutrite con trippa di scarto,

N. d'ord.	RIPORTO	1	2	3	4	5	6	7
1	nova deposte nel mese precedente							
2						+		
3							+	
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11				+		+	+	
12								
1								
2	3							
3	12		+		+			
4	3			+				
5	2							

1917
XII

19

SPECCHIO DELLE UOVA DEPOSTE DA 12 POLLASTRE

nutrite con trippa di scarto, ghianda e farina di gusci d'ostrica nell'inverno 1917-1918

	N. d'ord.	RIPORTO uova deposte nel mese precedente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTALE delle uova deposte nel mese	TOTALE dei 5 mesi
	1																																		
	2						+				+		+																					3	
	3					+		+		+				+				+	+				+		+		+			+		+	12	
	4																								+		+			+				3	
	5																												+				+	2	
1917	6																																	—	
XII	7																			+			+	+		+	+		+		+	+		8	
	8																																	—	
	9																																	—	
	10																																	—	
	11				+		+	+			+	+		+	+		+			+	+		+	+		+	+		+		+			18	
	12																						+		+		+		+		+		+	6	
	1																												+		+		+	3	
	2	3												+										+		+	+		+			+		6	
	3	12		+		+				+		+		+		+	+													+			8	
	4	3			+									+		+								+		+		+		+		+		8	
	5	2																																—	
1918	6	—																																—	
I	7	8	+		+		+	+		+	+		+	+		+	+	+		+	+		+			Chioccia								14	
	8	—																												+		+		2	
	9	—															+															+		2	
	10	—																																—	
	11	18	+				+	+				+		+		+	+		+	+		+												10	
	12	6		+		+		+		+			+			+		+	+		+		+		+		+		+		+		15	
	1	3	+		+	+		+	+	+		+	+			+	+			+	+		+	+		+	+			+			17	
	2	9	+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+			+		+		+			14	
	3	20				+		+				+	+		+	+		+		+		+		+				+	+				12	
	4	11	+			+		+		+	+		+	+		+		+		+		+												11	
	5	2							+		+				+		+	+		+			+		+		+		+	+				11	
II	6	2	+	+		+	+		+	+		+	+			+	+		+	+		+		+				+						15	
	7	22																																—	
	8	2	+	+		+	+	+		+	+	+			+			+		+	+	+		+	+		+	+	+					19	
	9	2			+			+	+		+	+		+	+	+		+	+	+			+	+		+	+		+	+				17	
	10	—																																—	
	11	28									+		+		+		+		+		+		+	+		+			+	+				11	
	12	21		+	+		+		+	+		+		+			+		+		+	+		+	+		+		+	+				16	
	1	20	+		+	+		+		+	+								+		+	+		+	+			+	+	+		+		15	
	2	23		+		+		+		+		+		+				+		+	+		+		+		+		+		+			13	
	3	32	+		+		+		+	+		+	+		+	+		+		+	+		+	+		+	+		+	+			+	+	20	
	4	22						+		+		+	+		+		+		+		+	+		+	+		+		+		+			14	
	5	13	+		+		+		+		+		+		+		+			+			+	+	+					+			+	14	
III	6	15									+	+		+	+		+	+		+	+		+				+		+	+		+	+	14	
	7	—																																—	
	8	21		+	+		+		+	+	+		+	+		+	+		+	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+		21	
	9	19		+	+	+	+		+											+			+		+	+	+	+		+	+	+	+	16	
	10	—																																—	
	11	39	+		+			+	+		+	+		+			+		+		+	+		+	+		+	+		+		+	+	18	TOTALE
	12	37		+	+		+		+	+		+	+		+				+			+			+	+	+	+		+	+		+	18	dei 5 mesi
	1	35	+	+		+	+		+	+		+				Chioccia									+		+		+		+	+		13	48
	2	36	+		+	+			+		+	+		+	+			+	+		+		+		+		+		+		+			17	53
	3	52		+		+			+	+			+			+	+		+	+		+		+			+	+			+	+		16	68
	4	36	+		+		+		+	+		+			+			+	+		+	+		+		+		+		+				17	53
	5	27	+		+		+		+		+				+		+	+		+	+		+		+		+		+		+	+		16	43
IV	6	29		+		+		+		+		+		+		+	+		+	+	+			+	+		+	+	+		+		+		18	47
	7	—																																—	—
	8	42	+	+		+	+		+	+		+	+		+	+		+	+	+		+	+		+	+		+	+		+			20	62
	9	35		+	+		+	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+		+	+		Chioccia									15	50
	10	—																																—	—
	11	57			+	+		+	+		+	+	+		+		+	+		+	+		+	+			+	+		+	+			18	75
	12	55	+			+		+		+	+		+		+	+		+		+		+	+		+	+		+		+	+	+		18	73

SULLA FISIOLOGIA DEI CENTRI INTRACARDIACI

1ª Comunicazione: Azione dei cardiocinetici sul centro atrio-ventricolare isolato

MEMORIA

DEL

Prof. LODOVICO BECCARI

letta nella Sessione del 25 Maggio 1919

(CON 21 FIGURE)

La farmacologia del cuore ha fornito fino dal suo inizio mezzi preziosi per lo studio delle facoltà intrinseche di quest' organo e dei meccanismi che le regolano. L' azione diretta dei farmaci sul miocardio non ha soltanto importanza pratica, ma è un reattivo fisiologico utilissimo per analizzare la funzione, quando con diversi mezzi sperimentali si arrivi a dissociare più o meno i singoli elementi che la compongono.

Ho pensato quindi di applicare alcuni di questi farmaci allo studio delle proprietà di alcune parti del cuore rese funzionalmente indipendenti da quelle, che di regola ne subordinano e governano l' attività.

Tale dissociazione si ottiene agevolmente nei Batraci (rana, rospo) con la legatura del seno venoso al solco seno-atriale (1ª legatura di Stannius). Come è noto questa legatura, applicata nel punto giusto e convenientemente stretta, interrompe definitivamente i rapporti fisiologici fra il seno, in cui ha sede il centro dell'automatismo normale di tutto l' organo, e la regione atrio-ventricolare, i cui centri restano perciò sottratti all' influenza ritmica del primo. Poichè la continuità anatomica delle pareti non è distrutta, è possibile poi togliere il laccio, dopo che ha prodotto l'effetto voluto; ed allora si ristabilisce anche la comunicazione fra la cavità del seno e quella atrio-ventricolare, dove può penetrare il sangue; anzi, quando la regione atrio-ventricolare entri o sia posta in movimento, il sangue può circolare attraverso il cuore e perciò l' organo così preparato è mantenuto in condizioni d' integrità funzionale e nutritiva sufficienti per considerarlo normale.

Questo procedimento mi ha già dato ottimi risultati in ricerche precedenti. Sospendendo la punta del cuore ad una leva scrivente si possono raccogliere grafiche, in cui sono tracciate contemporaneamente le curve di contrazione delle singole regioni dell' organo anche fra loro dissociate.

Come è noto, la separazione funzionale del seno fa sì che i centri motori atrio-ventricolari sieno sottratti agli stimoli periodici che loro provengono da quello. Perciò

la regione atrio-ventricolare si arresta in diastole, che dura più o meno a lungo e viene poi interrotta, a notevoli intervalli, da contrazioni periodiche le quali sono del tutto indipendenti da quelle del seno, che invece persistono regolari e ben visibili nei tracciati (Fig. 1). Ho già discusso altrove (1) se si possa logicamente parlare di un automatismo secondario, proprio della regione atrio-ventricolare, come generalmente si ammette dalla più parte dei fisiologi anche oggidì, o se non si tratti piuttosto di effetti di stimoli subminimali, che, addizionati dal centro atrio-ventricolare, giungono a produrre una scarica funzionale più o meno frequente o continuata a seconda del grado di eccitabilità del centro stesso. Questo modo di vedere, pel quale io propendo, sta assai meglio in accordo col modo di funzionare di tale centro nelle condizioni normali, cioè quando l'eccitamento perviene ad esso dal centro automatico del seno.

Fig. 1ª — Cuore di rana sospeso, dopo la legatura di Stannius. — Tracciato normale. Le contrazioni del *seno* continuano con ritmo ed energia immutati. La regione atrio-ventricolare resta per lunghi periodi in riposo diastolico, interrotto da gruppi di contrazioni spontanee (*a-v*) di tipo *nodale* in numero limitato, a ritmo proprio ed assai costante. (Su questo preparato si sono eseguite le esperienze con la strofantina, v. Fig. 8-14).

Comunque si voglia interpretare tale fenomeno, è certo però che il centro atrio-ventricolare dissociato funzionalmente dal seno, ci offre un preparato della più squisita sensibilità verso tutti gli stimoli (meccanici, elettrici, chimici) che possono metterlo in azione.

Inoltre l'attività persistente ed indipendente del seno, ci permette di scorgere le differenze di azione che uno stesso agente applicato al cuore può esercitare su l'uno e su l'altro centro ad un tempo.

Per mettere in evidenza le proprietà di speciali agenti sul cuore si è anche avuto ricorso, come vedremo, o a sostanze deprimenti l'attività cardiaca o a processi di inibizione. Ma tali mezzi non possono certamente competere con quello della dissociazione funzionale del seno dalla regione atrio-ventricolare, poichè questa rimane in condizioni di assoluta integrità.

(1) L. Beccari — La funzione del seno e l'automatismo del cuore della rana. In « Mélanges biologiques ». Livre dédié à Charles Richet - Paris, p. 31, 1912 (anche in Boll. d. Sc. Med. Bologna. Serie II, vol. 1, pag. 245, 1913).

Non deve quindi fare meraviglia se il metodo della legatura del seno sia già stato applicato da vari autori nel primo periodo delle indagini sperimentali sulle funzioni dei centri intrinseci del cuore: H. Munk 1861, Foster e Dew-Smith 1876, Marchand 1878, Langendorff 1884. Ma tali ricerche si riferiscono esclusivamente ad agenti meccanici o fisici, fatti agire sulle diverse regioni del cuore.

Le presenti ricerche si riferiscono all'azione esercitata sul centro atrio-ventricolare da alcuni farmaci cardiocinetici, scelti a rappresentare i gruppi più importanti e meglio caratterizzati.

CANFORA

È ben noto l'uso della canfora come rimedio eccitante nei casi di debolezza acuta del cuore.

La sua azione sul cuore di rana normale non è sempre manifesta; Baum e Heubner (1870) osservarono un rinforzo delle pulsazioni del cuore, ma Alexander-Lewin (1) non confermò tali dati. Lo stesso dicasi pel cuore dei mammiferi (Seligmann). Ma quando il cuore sia indebolito la canfora manifesta un' azione eccitante ed aumenta la frequenza e l'attività dei battiti cardiaci. Secondo tutti gli autori essa eccita i centri automatici del cuore.

Sperimentalmente Wiedemann (2) ha dimostrato che la canfora è capace di sospendere l'arresto del cuore dovuto ad inibizione: facendo agire la canfora sopra un cuore di rana arrestato con la muscarina, questo si rimette a pulsare.

La canfora manifesta pure la sua azione eccitante sul cuore di rana sotto l'azione di veleni paralizzanti. Böhme (3) ha dimostrato che nel cuore cloralizzato, che pulsi assai lentamente, la canfora ripristina la frequenza e l'energia delle contrazioni; essa può fare riapparire le pulsazioni anche quando il cuore sia da parecchi minuti arrestato per azione del cloralio.

Seligmann (4) ha pure dimostrato sul cuore isolato dei mammiferi con circolazione artificiale, che la canfora è capace di sospendere la fibrillazione del cuore provocata con stimoli elettrici. Sotto l' azione di questa sostanza l' incoordinazione dei movimenti dell'atrio e del ventricolo cessa e si ripristina la pulsazione normale del cuore.

Più recentemente Loewi (5) ha dimostrato nel coniglio, che sotto l' azione della canfora l' eccitamento del vago riesce meno efficace ed ammette un aumento dell' in-

(1) Alexander-Lewin - Zur Pharmacologie der Campher-gruppe. (Arch. f. exp. Path. u. Pharm., 1890, v. 27, p. 226).

(2) C. Wiedemann — Beiträge zur Pharmakologie des Camphers (Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 1877, v. 6, p. 216).

(3) A. Böhme — Ueb. d. Wirkung d. Kamphers auf das durch Chloralhydrat vergiftete Froschherz (Arch. f. exp. Path. u. Pharm. vol. 52, pag. 346, 1905).

(4) Seligmann E. — Zur Kreislaufswirkung des Kamphers (Arch. für exp. Path. u. Pharm. vol. 52, p. 333, 1905). Confermato da Gottlieb (1905, 1906), contraddetto da Winterberg (1906).

(5) Loewi — Arch. f. exp. Path. u. Pharm. vol. 70, p. 323, 1912.

tensità dei processi eccitomotori del cuore, a cui fa riscontro una minore attitudine all' inibizione.

Se si fa agire la canfora direttamente sul cuore sospeso, dopo avere eseguita come è detto sopra la legatura del seno, si osserva quanto segue: (v. Tracciati).

Mentre la curva normale presenta un ritmo atrio-ventricolare assai raro (una contrazione a-v ogni 10-12 contrazioni del seno) ed una eccitabilità normale e non affatto esagerata, dopo l' istillazione sul cuore di una soluzione di canfora nel liquido di Ringer per alcuni secondi, si verifica lo stabilirsi progressivo di un ritmo atrio-ventricolare, che persiste anche dopo cessata l'istillazione (Fig. 2, 3). Anche dopo 10 minuti persistono gli effetti del farmaco, quantunque non più così spiccati: cioè si sono ristabiliti dei gruppi di contrazioni atrio-ventricolari separati da pause, ma ogni gruppo è ancora costituito da una serie di varie contrazioni (Fig. 4). La frequenza del ritmo atrio-ventricolare provocato dalla piccola dose di canfora applicata al cuore non raggiunge mai quella del seno; essa presenta dapprima un aumento, che raggiunge un massimo (corrispondente circa a 1 contrazione a-v per 2 contrazioni del seno) e poi ridiscende gradatamente fino a che riappariscono gli intervalli di riposo della regione atrio-ventricolare. Le contrazioni originate dalla canfora sono più ampie di quelle spontanee. Si nota inoltre un notevole rallentamento della frequenza del seno, che persiste a lungo anche dopo sospesa l'applicazione della sostanza, e una maggiore ampiezza dalle sue contrazioni; questo dimostrebbe un' azione diretta della canfora sulla regione del seno, che non è stata altrimenti riconosciuta.

L'azione eccitante della canfora sul centro atrio-ventricolare isolato è ben manifesta; essa però è alquanto fugace giacchè dopo dieci minuti il cuore tende già a ritornare nelle condizioni primitive.

CAFFEINA

L'azione che ha la caffeina sul cuore di rana isolato è assai diversa da quella delle sostanze digitaliche. Essa non possiede alcuna azione *diastolica*, ma per converso determina già a piccole dosi un aumento della *forza assoluta* del cuore, cioè un aumento del grado di resistenza che il cuore può vincere nella sistole (Dreser) (1); tale aumento di forza è da attribuirsi ad una azione diretta sul miocardio simile a quella esercitata dalla caffeina sui muscoli dello scheletro, che acquistano la capacità di produrre un lavoro maggiore. La caffeina aumenta la tendenza del muscolo cardiaco alla sistole nel modo stesso che accresce la tendenza dei muscoli scheletrici alla contrazione, rendendo meno agevole la dilatazione diastolica del cuore.

(1) Dreser H. — Ueb. Herzarbeit u. Herzgifte (Arch. f. exp. Path. u. Pharm. vol. 24, p. 221, 1887 - ibid. vol. 27, p. 50, 1890).

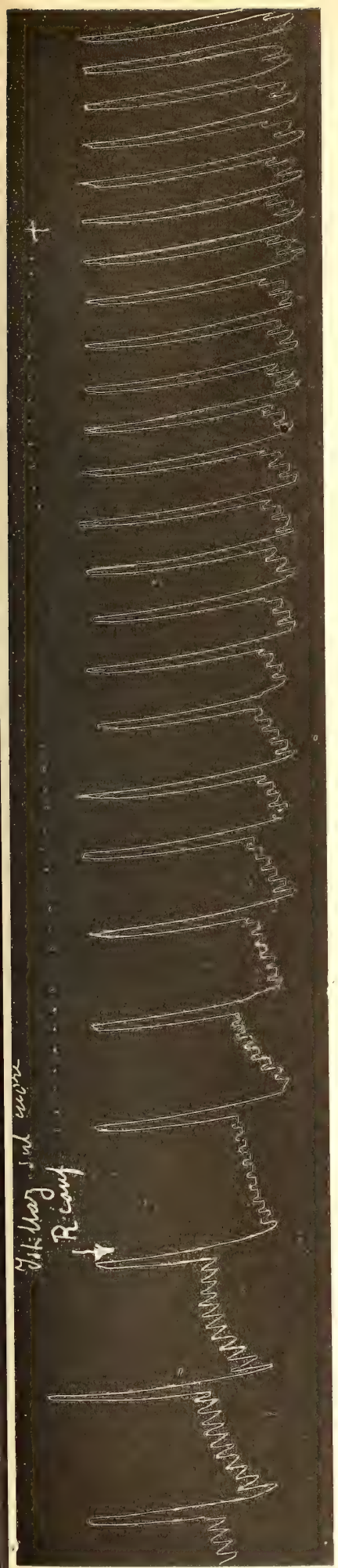


Fig. 2ª.

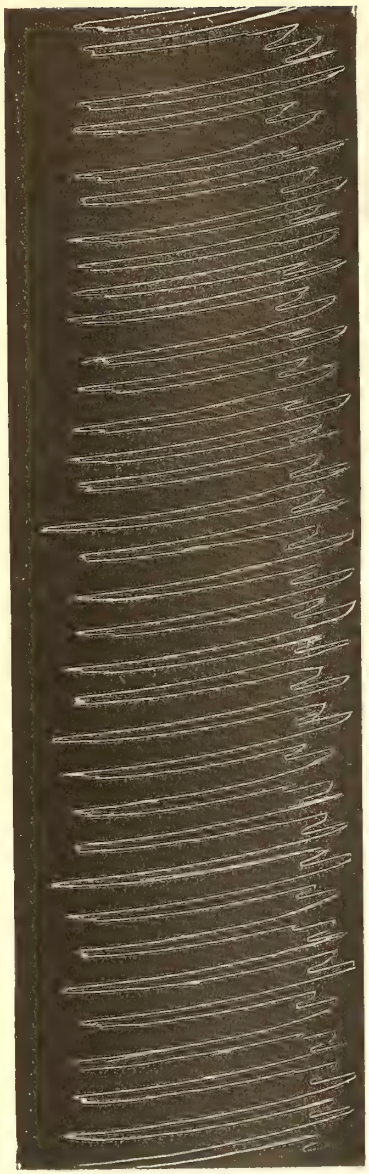


Fig. 3ª.

Fig. 4ª.

Fig. 2ª — **Canfora** – A sinistra il tracciato normale del cuore dopo la legatura: contrazione spontanea atrio-ventricolare unica ogni 9–10 contrazioni normali del seno. In ↓, fino a +, istillazione sul cuore di liquido di Ringer saturato con canfora. Le contrazioni *a–v* si fanno più frequenti ed anche più ampie e regolari.

Fig. 3ª — **Canfora** – Seguito del tracciato precedente, che dimostra la persistenza dell' azione stimolante della canfora.

Fig. 4ª — **Canfora** – Tracciato raccolto dopo 10' dall' istillazione con sol. di canfora. Il ritmo *a–v* è divenuto discontinuo, con gruppi di contrazioni più o meno numerose e ravvicinate. E' assai manifesta una maggiore ampiezza delle contrazioni del seno.

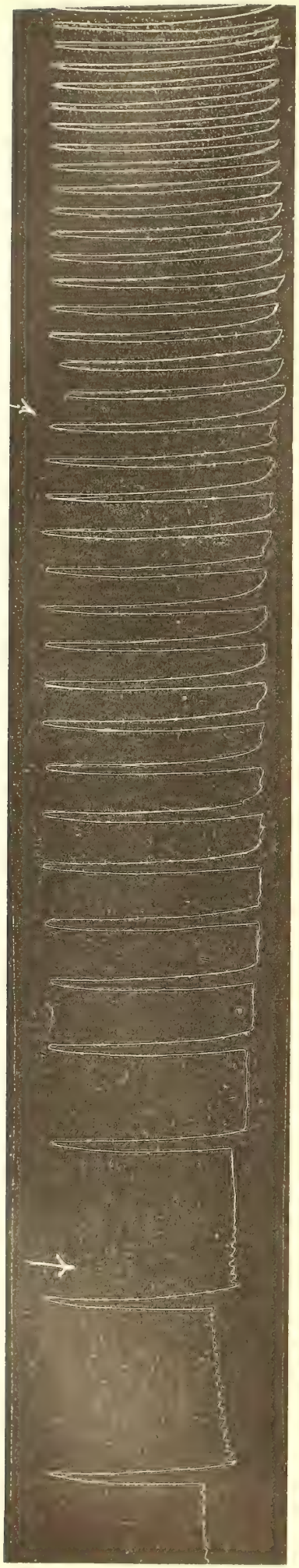


Fig. 5ª.

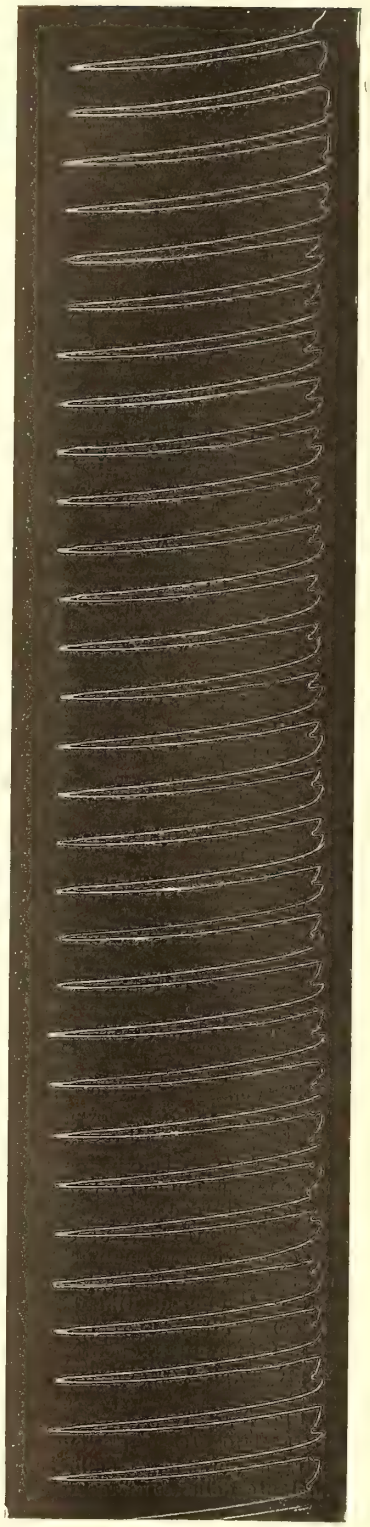


Fig. 6ª.

Bock (1) ha confermato queste azioni nel cuore isolato di mammiferi. In questi animali la caffeina dà un aumento della frequenza del polso dovuta ad un' azione diretta sul cuore, e che non manca nè meno dopo l' azione dell' atropina, nè è legata a diminuzione dell' eccitabilità del vago. Cushny e Naten (2) attribuiscono perciò quest' aumento di frequenza ad una stimolazione degli apparati eccitomotori del cuore.

Per dosi tossiche l' attività cardiaca viene indebolita, si ha aritmia, e infine si manifesta fibrillazione ed arresto in diastole.

Facendo agire la *caffeina* direttamente sul

Fig. 5ª — Caffeina – A sinistra il tracciato normale del cuore dopo la legatura. In ↓ si versano sul cuore gr. 0,05 di caffeina sciolta in poche goccie di acqua in presenza della quantità sufficiente di benzoato di sodio. Le contrazioni *a–v* acquistano tosto maggiore frequenza ed ampiezza, fino ad assumere un ritmo continuato e molto rapido.

Fig. 6ª — Caffeina – Seguito del tracciato precedente. Il ritmo *a–v* determinato dalla caffeina persiste con grande regolarità; la frequenza è circa la metà di quella del seno. Le contrazioni *a–v* sono più ampie, rapide e molto uniformi.

(1) Arch. f. exp. Path. u. Pharm. vol. 41, p. 158, 1898 e vol. 43, p. 367, 1900. (Cfr. pure: Hedbom, Skand. Arch. f. Physiol. vol. 9, p. 1, 1899; Santesson, ibid. vol. 12, p. 259, 1912).

(2) Arch. intern. d. Pharmacodyn. Vol. 9, p. 169, 1901.

cuore preparato con la legatura del seno si ottengono risultati anche più spiccati di quelli osservati per la canfora, i quali dimostrano una influenza eccitante energica e persistente di tale farmaco sul centro eccitomotore proprio della regione atrio-ventricolare (Fig. 5, 6). Infatti, come si scorge dai tracciati relativi, dopo pochi secondi incominciano contrazioni ampie, energiche, rapide, di perfetto tipo atrio-ventricolare, le quali non si dispongono a gruppi ma costituiscono una serie continua. La frequenza aumenta assai rapidamente fino ad un massimo, che però non raggiunge il ritmo del seno; essa si conserva a lungo anche dopo lavatura del cuore con liquido di Ringer, dopo del quale si ha un lieve rallentamento (Fig. 7). Le contrazioni provocate dalla caffeina spiccano per la regolarità dell'altezza, degli intervalli, del ritmo, e danno l'impressione che, oltre ad un aumento dell' energia sistolica, anche la fase espansoria del muscolo sia più rapida e completa. Ciò non starebbe in accordo con i risultati ottenuti mediante la circolazione artificiale (Dreser, v. s.), ma le condizioni in cui funziona il cuore preparato col metodo della legatura sono infinitamente più normali di quelle del cuore staccato ed irrigato con soluzioni artificiali; è chiaro che i processi dovuti all' azione della caffeina possono perciò manifestarsi in modo un po' diverso (1).

Quest'azione della caffeina sta del resto in accordo con quanto sappiamo sulle sue azioni fisiologiche bene accertate. Essa ha azione ecci-

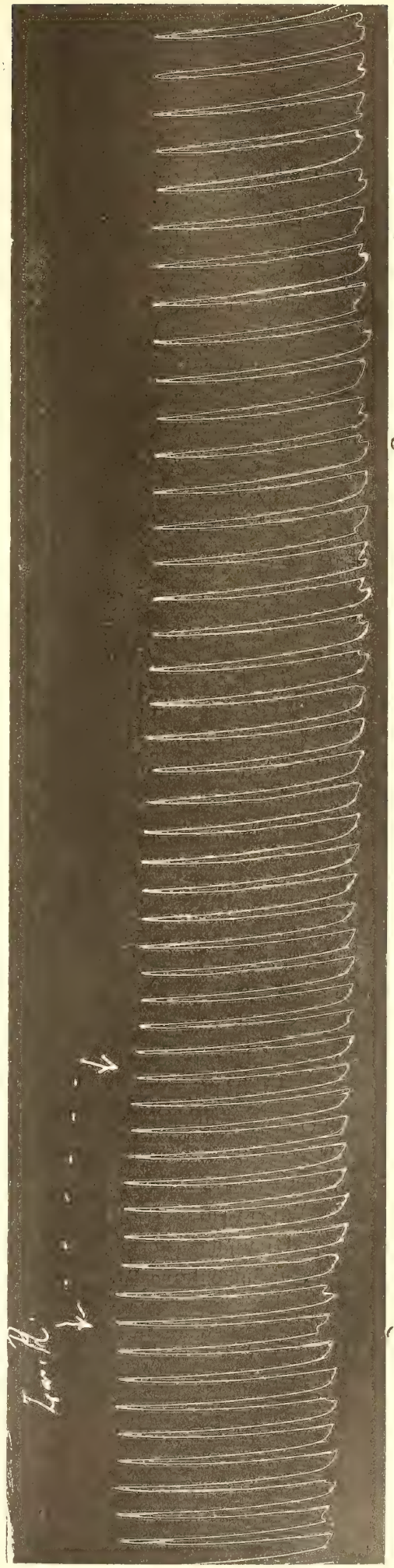


Fig. 7ª.

Fig. 7ª — Caffeina – Seguito del tracciato precedente La lavatura del cuore con liquido di Ringer non sospende nè modifica l'influenza eccito-motrice della caffeina, fatta agire precedentemente, sulla regione atrio-ventricolare.

(1) La medesima osservazione si potrebbe fare alle ricerche di Camis (Arch. it. d. Biol. vol. 49, p. 401, 1908), il quale ha osservato che la caffeina abbassa l'attività funzionale del cuore isolato di mammiferi irrigato con soluzione di Locke.

tante sugli elementi nervosi, e, per il cuore *in toto*, sappiamo che stimola le termizzazioni dei nervi acceleratori.

Come ben nota il Meyer (1) « non è possibile distinguere fra le azioni che si esercitano sulle terminazioni acceleranti nel cuore e le modificazioni funzionali degli apparecchi, che abbiamo definiti come generatori di stimoli e che d'ora innanzi vogliamo designare brevemente come *centri motori*. Tali apparecchi sono certamente in istrettissimi rapporti colle terminazioni acceleranti. H. E. Hering (1905) potè ricondurre a battere automaticamente, per stimolazione degli acceleranti, il cuore di cane irrigato col metodo di Langendorff, precedentemente arrestato. Perciò consideriamo le azioni tossiche sugli apparecchi terminali dei nervi acceleranti anche come azioni sui *centri motori* del cuore ».

Le mie esperienze presenti non potrebbero recare una conferma più evidente di tale rapporto.

SOSTANZE DIGITALICHE

Le sostanze digitaliche costituiscono un gruppo farmacologico ben definito, poichè esercitano sulla contrazione cardiaca un'azione caratteristica ed alquanto diversa da quella degli altri cardiocinetici.

Ho adoperato nelle mie esperienze la *digitoxina* e la *digitalina* di Merck, e la *strofantina* dalla tintura di strofanto.

L'azione della digitalina si manifesta sul cuore della rana in maniera tipica. Come è noto, nella prima fase, cioè per una dose che corrisponde a quella utile terapeuticamente, si presenta tanto un'azione sulla *diastole*, che si fa più intensa e prolungata, quanto sulla *sistole*, che si fa più energica e completa. In una fase ulteriore, che può chiamarsi tossica, seguono arresti diastolici transitori, irregolarità di ritmo, contrazioni peristaltiche del ventricolo; infine questo si *arresta in sistole*.

Questo *arresto sistolico* del ventricolo non è dovuto in principio a *paralisi*, poichè il ventricolo è ancora eccitabile, ed esercitando una maggiore pressione nella cavità è possibile ricondurlo in diastole e provocare una serie di nuove contrazioni (Schmiedeberg 1875); esso è stato attribuito ad una eccitazione durevole degli apparecchi sistolici, come dimostra altresì il ricambio del cuore in questo stato (Rohde e Ogawa 1912).

L'analisi dell'azione digitalica eseguita sul cuore isolato prima da Böhm (1872) poi da Williams (1880) ha dimostrato che, indipendentemente dalla diminuita frequenza, si ha una estensione aumentata della diastole, per la quale lo scarico sistolico aumenta ed aumenta così il *lavoro utile* del cuore senza che la forza assoluta si modifichi.

(1) Meyer e Gottlieb — Farmacologia sperimentale. Trad. ital. del Dott. G. Frontali - Milano 1915, pag. 258.

Nella rana si ha pure un rallentamento caratteristico che non è dovuto ad azione inibitrice del vago, poichè esso non cessa per opera dell' atropina. Esso si può considerare come l' espressione dell' azione *diastolica* della digitalina, che si manifesta come effetto iniziale, accompagnata e poi soverchiata dall'azione *sistolica*. Infatti Werschinin (1909), ha dimostrato che si può provocare un arresto diastolico del cuore di rana isolato con dosi digitaliche minori di quelle necessarie a produrre l' arresto sistolico finale.

In complesso esiste una profonda analogia fra gli effetti dalle sostanze digitaliche e gli effetti dell' eccitamento della innervazione sia inibitoria che accelerante; pur tuttavia l'azione digitalica si estrinseca indipendentemente dai nervi extracardiaci. Ma d' altra parte non si è potuto finora decidere su quali elementi del cuore essa venga ad esercitarsi.

Le stesse azioni fondamentali delle sostanze digitaliche si sono dimostrate sul cuore dei mammiferi; si deve solo osservare, che in questi si ha un rallentamento dovuto quasi esclusivamente ad eccitazione del vago, e che l' azione sistolica prevale su quella diastolica.

Un effetto di grande interesse si osserva negli animali superiori e nell' uomo: la spiccata azione *regolarizzatrice* della digitale sul cuore specialmente nelle alterazioni del ritmo. Tale azione è stata sperimentalmente dimostrata negli animali sia sul cuore in sito (Böhm 1872, Bock 1898) sia sul cuore staccato mercè la circolazione artificiale (Braun e Mayer). È importante notare che tale azione si manifesta soltanto per piccole dosi; l' azione tossica della digitale invece determina irregolarità delle pulsazioni cardiache, e più specialmente bigeminismo. Per questa azione regolarizzatrice delle dosi moderate di sostanze digitaliche si spiegano gli effetti benefici su certe forme di aritmie, le quali secondo Mackenzie, Cushny ed altri provengono da fibrillazione auricolare; le alterazioni del ritmo ventricolare, che ne conseguono, sono tolte dalla digitalina e ciò non dipende da azione sul vago poichè il rallentamento del polso, che accompagna l' azione regolatrice digitalica, non è impedito dall' atropina.

Questi effetti sono stati riferiti da alcuni autori (Lewis 1910, Cushny 1913) a modificazioni della *conduttività* del cuore per gli stimoli anormali e disordinati provenienti dagli atri; secondo altri (Rothberger e Winterberg 1910, 1913) sono dovuti ad azione diretta della digitale sui diversi apparati eccitomotori del cuore stesso, che verrebbero stimolati dalle piccole dosi e paralizzati da dosi maggiori.

In seguito a dosi tossiche di sostanze digitaliche il polso poi si fa più frequente non già per una paralisi periferica del vago (che conserva la sua azione inibitrice sull' atrio cardiaco) ma per l' ipereccitabilità degli apparati eccitomotori dei ventricoli, che divengono sempre meno accessibili all' influenza inibitrice del vago (Cushny, Lhotak 1908) e pulsano più o meno indipendentemente dagli stimoli provenienti di norma dal seno e dalle orecchiette (Rothberger e Winterberg, 1913).

A queste diverse conclusioni ed interpretazioni sono pervenuti i vari autori quasi sempre per via indiretta. E sovente i risultati non sono sempre stati concordi; ma è

Fig. 8ª

Fig. 8ª — **Strofantina** – Cuore di rana dopo la legatura di Stannius (Cfr. Fig. 1). Azione di dose minima applicata sul seno del cuore sospeso. Si osserva subito un cospicuo rallentamento delle contrazioni del seno. I gruppi di contrazioni spontanee *a–v* non presentano ancora alcuna modificazione.

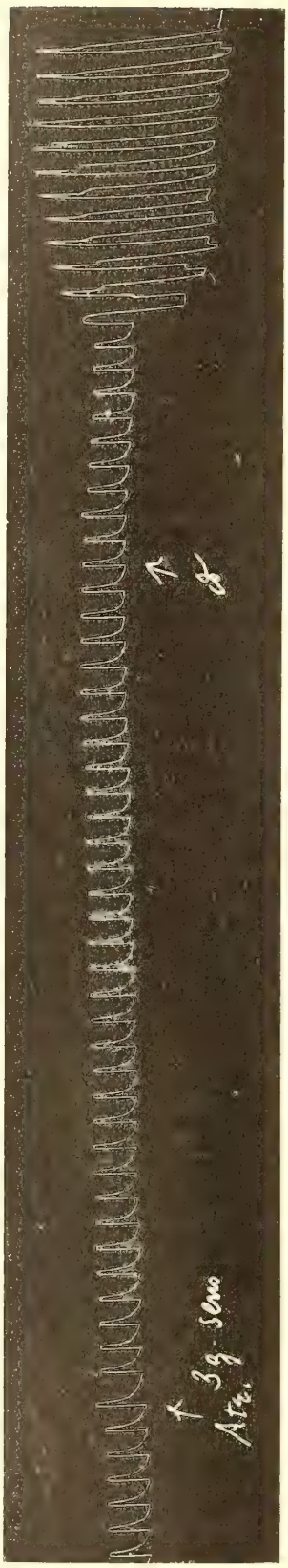


Fig. 9ª

Fig. 9ª — **Strofantina** – Seguito della precedente esperienza. Si fa agire sul seno l'atropina (3 gocce di soluzione a $^1/_{1000}$ di solfato di atropina), la quale non sospende nè modifica affatto il ritmo del seno stesso. I gruppi *a–v* tendono ad allungarsi.

da tenere presente che l'aumento dell' attività cardiaca per opera delle sostanze digitaliche dipende essenzialmente dalle condizioni della sistole al momento dell'azione del farmaco; se infatti la sistole è già pressochè *massimale* l' aumento dell'attività non può riescire così manifesta come nei casi di cuori che funzionano in modo insufficiente.

Di modo che si può affermare che un' azione diretta delle sostanze digitaliche sul centro atrio-ventricolare isolato e in condizioni di perfetta integrità non può ritenersi in modo sicuro dimostrata. Ma tale dimostrazione si può dare in maniera categorica col metodo della dissociazione funzionale mediante la legatura del seno. Devo intanto rammentare, che Franchini in questo Istituto ha osservato, che la digitalina ha un'azione eccitante sul cuore arrestato con la muscarina.

I risultati più importanti delle mie ricerche su questo punto possono agevolmente dedursi dall' esame dei tracciati, che presento (da Fig. 8 a 21).

Facendo pervenire le sostanze digitaliche da sperimentare sul seno del cuore sospeso alla leva e già preparato mediante la legatura di Stannius, queste agiscono in primo tempo sul seno stesso determinando sopra tutto un caratteristico rallentamento, (Fig. 8, 15) che è più o meno spiccato a seconda della dose della sostanza,

e che molto chiaramente risulta l'effetto di una progressiva influenza tossica (Fig. 10) del farmaco sul centro automatico rispettivo. L'atropina non modifica affatto tale effetto

Fig. 10ª.

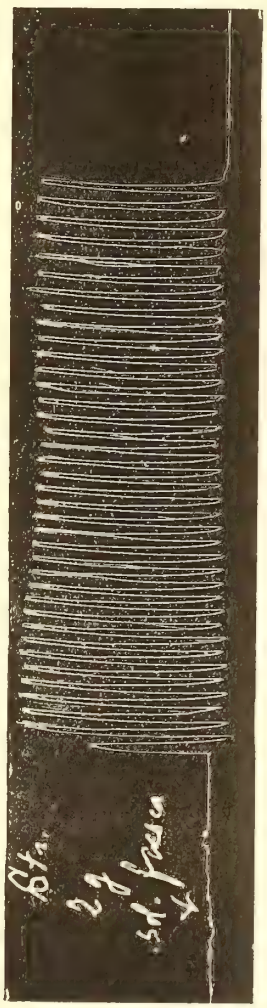


Fig. 11ª.

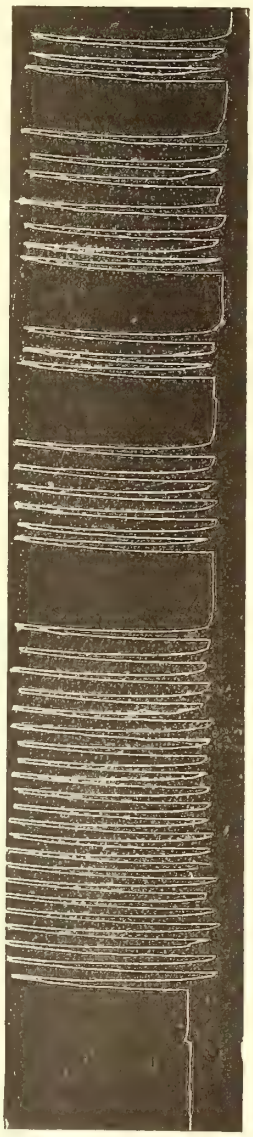


Fig. 12ª.

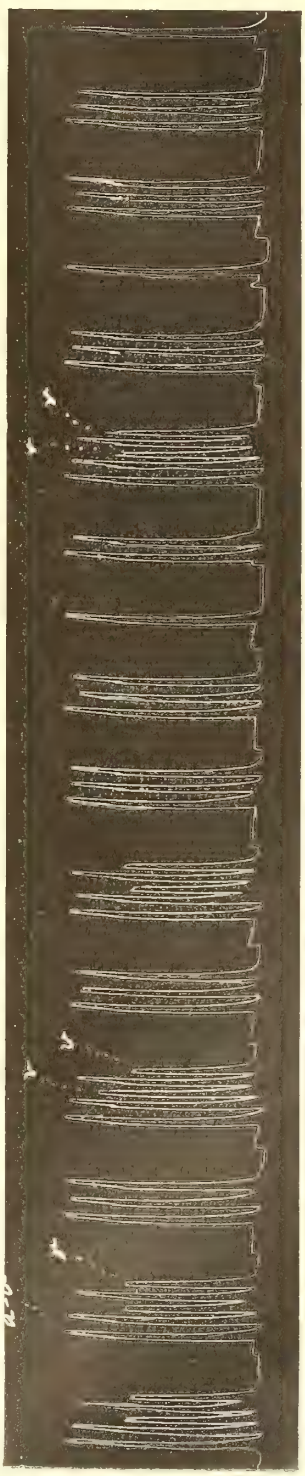


Fig. 13ª.

Fig. 10ª — **Strofantina** – Seguito della precedente esperienza. Il rallentamento del ritmo normale del seno aumenta, ed aumenta pure l'ampiezza delle singole contrazioni. Dopo un notevole gruppo di contrazioni *a–v* spontanee, che rivela già l'inizio dell'azione eccitante del farmaco sul centro atrio–ventricolare, si manifestano aritmie ed irregolarità nella funzione del seno, che dimostrano un principio di azione tossica.

Fig. 11ª — **Strofantina** – Cuore di rana dopo la legatura di Stannius – Si fanno agire sul seno dosi più alte L'azione tossica si manifesta tosto con la scomparsa delle contrazioni del seno. L'azione eccitante della strofantina, assorbita a livello del seno, sul centro atrio–ventricolare si rivela ben presto con serie prolungate di contrazioni *a–v* spontanee, assai frequenti e regolari.

Fig. 12ª — **Strofantina** – Seguito dell'esperienza precedente. – Nuovi gruppi spontanei di contrazioni *a–v*; si presentano già lievi aritmie (bigeminismo).

Fig. 13ª — **Strofantina** – Seguito dell'esperienza precedente. Le aritmie si fanno più manifeste, ma compaiono pure irregolarità delle singole contrazioni *a–r*, che meglio possono analizzarsi nel tracciato seguente (v. Fig. 14).

(vedi Fig. 9, strofantina). A poco a poco l' azione paralizzante sul seno si manifesta con diminuzione e poi scomparsa delle contrazioni del seno (Fig. 11, 16) Se la dose non è stata eccessiva, la lavatura del seno con liquido di Ringer può fare riapparire le relative pulsazioni (Fig. 21), ma il rallentamento persiste. È logico pensare, che su di un seno normale, che funziona normalmente e quindi trovasi in un optimum di eccitabilità e di attività, l'eventuale influenza stimolante delle sostanze digitaliche possa non rendersi manifesta, e venga tosto soverchiata dalle influenze di carattere tossico che provengono dall'accumularsi progressivo della sostanza mano mano assorbita. Ciò era già stato osservato anche sul cuore in toto.

Attraverso la parete del seno, per mezzo del sangue che empie la cavità atrio-ventricolare il farmaco giunge ai centri propri di questa regione e vi manifesta rapidamente un' azione, che fa contrasto spiccato con quella osservata sul seno. Infatti, se la dose è molto piccola, i gruppi di contrazioni atrio-ventricolari si fanno più numerosi e frequenti (Fig. 11, 16); se la dose è un po' più alta allora si determina un vero ritmo continuato della regione atrio-ventricolare (Fig. 12, 17, 18), in cui la frequenza dalle singole contrazioni raggiunge presto un massimo e poi va gradatamente scemando. Possono allora seguire periodi di arresto più o meno lunghi, a cui succedono serie di contrazioni molto prolungate ed abbastanza regolari (Fig. 19, 20).

Se la dose delle sostanze digitaliche è anche più elevata, allora agli effetti descritti fa seguito l'azione tossica, caratterizzata da un'azione sistolica prevalente, da peristalsi ventricolare e da arresto sistolico definitivo. Non avendo questa fase nessun interesse nel caso presente, ho sempre cercato di non raggiungere la dose tossica. Talvolta però (Fig. 19, 20) col progressivo assorbimento del farmaco si nota il manifestarsi della tendenza alla contrattura sistolica, la quale però si presenta soltanto all' inizio della serie delle contrazioni atrio-ventricolari e poi scompare totalmente. Per dosi non tossiche si nota che la sistole ventricolare è più completa che in condizioni ordinarie, come si verifica nel cuore in toto.

La strofantina si comporta in modo identico alla digitoxina e digitalina ; essa ha un' azione più rapida e ciò sta in rapporto con la maggiore solubilità e diffusibilità. Per la stessa ragione la strofantina dà più facilmente origine ad effetti tossici iniziali, rappresentati da *aritmie* del *seno* (Fig. 10) e della regione *a-v* (Fig. 12, 13), e da *alterazioni* della contrazione atrio-ventricolare (Fig. 14).

Non sarebbe possibile dare una dimostrazione più evidente dell' azione eccitante esercitata dalle sostanze digitaliche sui centri motori atrio-ventricolari. Questa dimostrazione è *diretta*, poichè mancando, per la separazione del seno, lo stimolo fisiologico che va ritmicamente a colpire l' apparecchio motore subordinato, non si può ammettere se non un'azione immediata delle dette sostanze su di esso, e quindi un aumento della sua eccitabilità, che per effetto di cause intrinseche o estrinseche, porta a manifestazioni ritmiche di carattere automatico.

Fig. 14ª.

Fig. 15ª.

Fig. 16ª.

Fig. 14ª — **Strofantina** – Tracciato raccolto nell' esperienza precedente con velocità maggiore del cilindro d' iscrizione per dimostrare la composizione delle curve *a–v* irregolari. Le lettere *s* (seno), *a* (atrio), *v* (ventricolo) indicano le curve relative alla contrazione delle singole regioni del cuore verificate con attenta osservazione. Le contrazioni *a–v* spontanee presentano generalmente il tipo *nodale*; qui invece la fase atriale segue con un certo ritardo a quella ventricolare e talora anche viene a mancare, rivelando in tal modo un' alterazione dei processi di trasmissione dello stimolo, che sta ad indicare un primo effetto tossico della strofantina.

Fig. 15ª — **Digitossina** – Cuore di rana dopo la legatura di Stannius. A sinistra il tracciato normale. Si fa agire la digitossina (una goccia di sol. glicerica) sul seno. Dopo poco si manifesta un progressivo rallentamento del ritmo del seno, ed un aumento delle contrazioni *a–v* sia per numero che per ampiezza.

Fig. 16ª — **Digitossina** – Seguito dell' esperienza precedente. L' azione sul seno si manifesta ben presto con effetti tossici: diminuzione e poi scomparsa delle contrazioni del seno. Invece sul centro atrio-ventricolare si manifesta con evidenza un' azione eccitante, poichè i gruppi di contrazioni spontanee *a–v*, tuttora distanziati, si fanno mano mano più ampi e prolungati. Anche la frequenza delle contrazioni *a–v* aumenta.

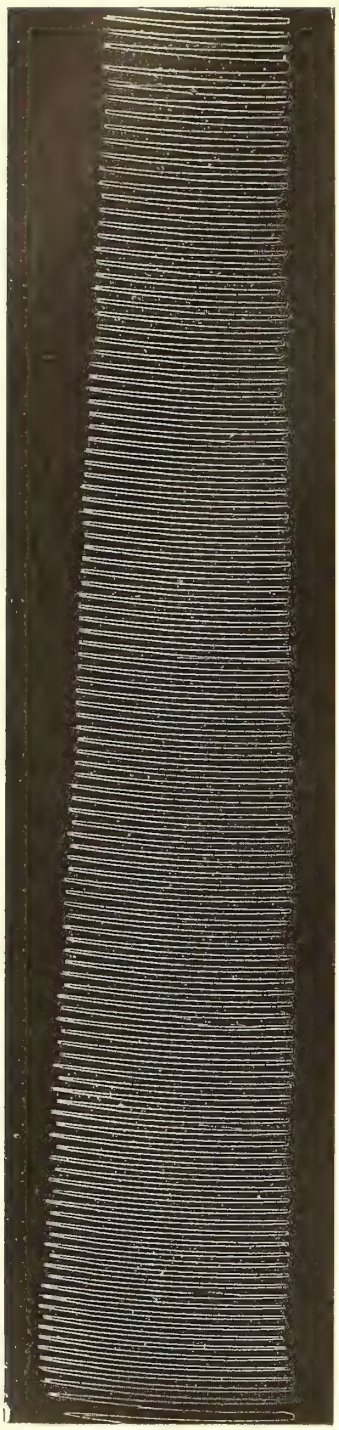


Fig. 17ª

Fig. 17ª — Digitossina – Seguito dell' esperienza precedente. Si stabilisce un ritmo *a–v* continuato molto regolare, che dura a lungo.

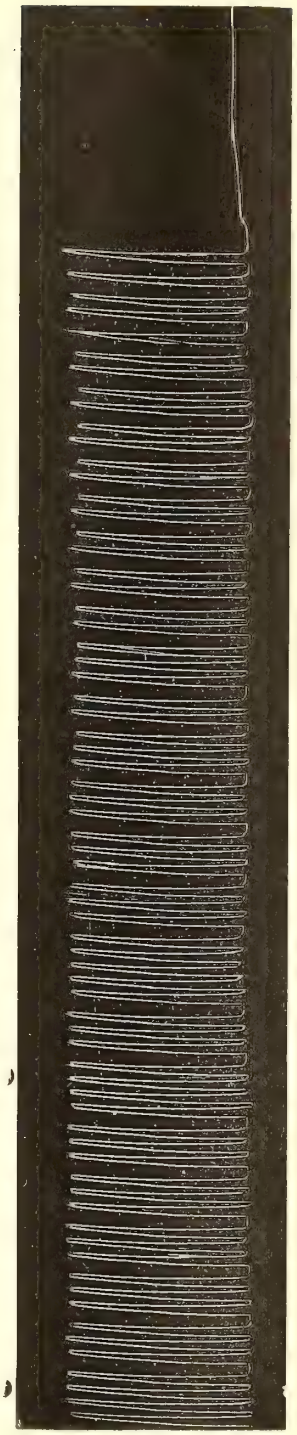


Fig. 18ª

Fig. 18ª — Digitossina – Seguito dell' esperienza precedente. Proseguendo l' azione digitalica, per il progressivo assorbimento del farmaco, si stabiliscono anche aritmie (bigeminismo, trigeminismo) delle contrazioni *a–v*

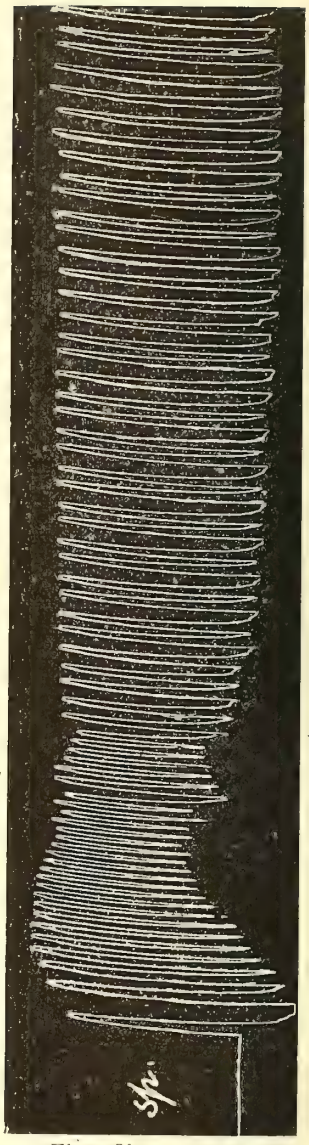


Fig. 19ª

Fig. 19ª — Digitossina – Seguito dell' esperienza precedente. In alcune serie, molto lunghe e regolari, di contrazioni spontanee *a–v*, si manifesta un' accenno dell'azione sistolica o contratturante dei principi digitalici al principio del gruppo. Ciò è molto istruttivo, poichè rappresenta l' inizio della fase di azione tossica di tali sostanze sul cuore. Il fenomeno scompare dopo un certo numero di contrazioni *a–v*: e questo fatto è degno di speciale rilievo, perchè sta ad indicare che la contrattura sistolica è molto probabilmente un'effetto dell'azione tossica della digitossina sulla *cellula muscolare cardiaca*, che si manifesta indipendentemente dall' azione eccitante sul centro atrio-ventricolare: infatti la funzione contrattile, provocata da questo centro, attivando gli scambi dell' elemento muscolare, a poco a poco svelena la cellula miocardica, che ricupera la primitiva espansibilità. (Cfr. la osservazione di Schmiedeberg citata nel testo).

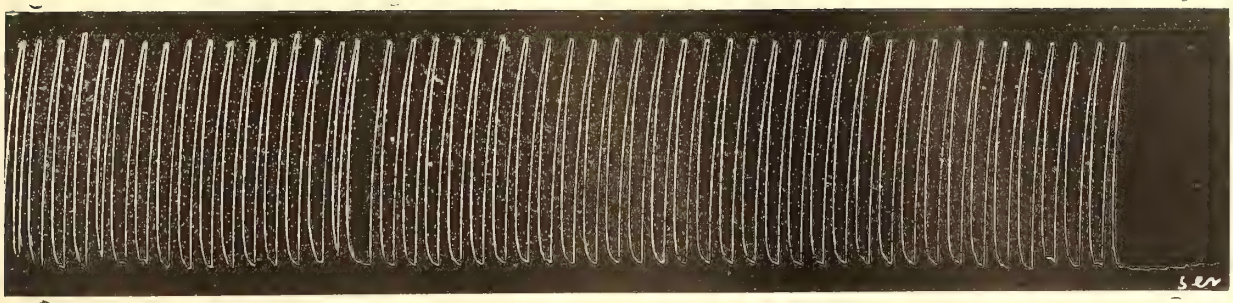


Fig. 29ª — Digitossina – Seguito del tracciato precedente.

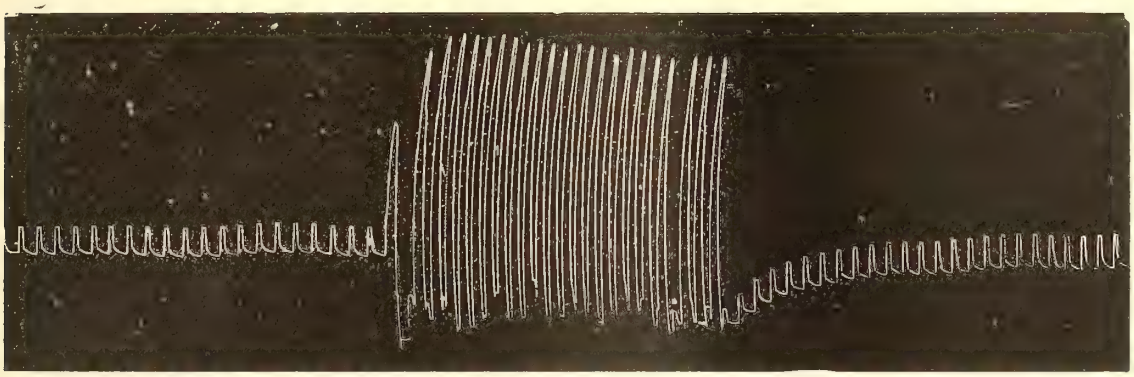


Fig 21ª — Digitossina – Il medesimo preparato di cuore di rana dopo ripetute lavature con liquido di Ringer e dopo un'ora di riposo. Le contrazioni del seno sono ricomparse. L'azione eccitante sul centro atrio-ventricolare persiste tuttora, sebbene diminuita, poichè i gruppi di contrazioni *a–v* si conservano molto più ampi di quelli dello stesso cuore allo stato normale.

Istituto di Fisiologia della R. Università di Bologna
diretto dal Prof. Sen. P. Albertoni

NOTA — Dopo la presentazione di questa memoria sono venuto a conoscenza di un lavoro di Fröhlich e Pick, che ha stretta attinenza con l'argomento da me trattato. Esso è intitolato « Unwirksamkeit der Stannius-Ligatur an Froschherzen unter dem Einflusse parasympathischer Gifte. Ein Beitrag zur Frage der Kammerautomatie ». Esso è stato pubblicato negli « Arch. f. exper. Path. u. Pharmakol. vol 84, 1918, p. 267-272 » ma non ho potuto vederne che un brevissimo sunto nell'ultimo fascicolo, pervenuto da poco a questo Istituto, del Centralbl. f. Physiologie, 1919, pag. 45. Da esso non è possibile formarsi un esatto criterio delle esperienze eseguite da questi autori, e mi riservo di parlarne quando avrò avuto la possibilità di leggere la memoria originale.

Intorno all'influenza del riscaldamento sul potenziale esplosivo e sul processo preparatorio della scintilla

NOTA

DEL

Prof. LAVORO AMADUZZI

letta nella Sessione del 23 novembre 1919.

Ragione della ricerca e dispositivo sperimentale.

§ 1. Come già ebbi occasione di dire nella mia precedente Nota (1) sullo stesso argomento della presente, il problema dell'azione del calore sulla scarica esplosiva è stato sin qui riferito alla considerazione di una modificazione del potenziale di scarica per opera di una variazione della temperatura del gas nel quale si provoca la scintilla, senza tener presente che la variazione di temperatura può altrimenti manifestare il proprio effetto sulla scarica, particolarmente se si considera il processo preparatorio della scintilla che è lavoro di ionizzazione.

Così, ritenuto impossibile che un aumento di temperatura di un gas possa da solo ionizzarlo; per il fatto che l'aumento di temperatura aumenta la velocità media delle molecole, potrà pensarsi però che con un'elevazione di temperatura si accentui un processo di ionizzazione per urto, iniziato e mantenuto da una causa qualsiasi, elettrica ad esempio.

Nel processo preparatorio della scintilla mi è quindi sembrato possibile una azione termica di accelerazione.

§ 2. Il dispositivo sperimentale da me usato è rappresentato dalla figura 1. Un pallone di vetro P del diametro medio di 10 cm. è munito di tre aperture, due laterali M ed M' opposte ed una superiore N. La superiore è chiusa da un tappo formato con strati alternati di mastice cementizio particolare e ceralacca ed attraversati a perfetta tenuta da un termometro T e da un tubo di vetro munito di rubinetto R. Le laterali sono chiuse da tappi formati pure con strati alternati di mastice cementizio e ceralacca ed attraversati ciascuno da un tubo di vetro t piegato ad angolo retto e contenente un filo f di rame al quale nell'estremo interno è fissata una sferetta di ottone

(1) Rend. Acc. Bologna 12 genn. 1919.

del diametro di 1 cm. Gli estremi dei tubi t sono chiusi con strati alternati di mastice cementizio e ceralacca. Il pallone P è collocato nell'interno di una vasca V di ferro contenente olio di vaselina sotto alla quale si trova un fornello a gas destinato a riscaldare insieme all'olio, il gas contenuto nel pallone.

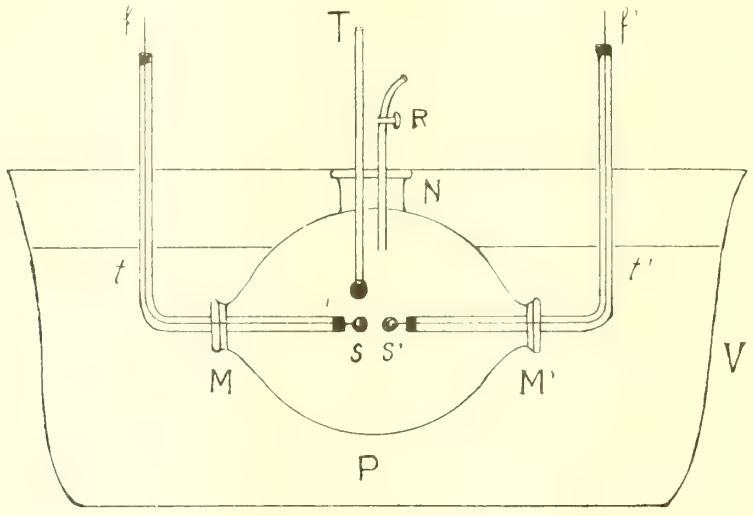


Fig. 1

Il riscaldamento non superò mai la temperatura di 100° C, cosicchè, data anche la disposizione sperimentale più sopra descritta, non è da ritenersi che sensibilmente il riscaldamento del vetro del pallone potesse render questo conduttore, così da far sentire un qualche effetto sul regime di scarica fra le sferette s distanti fra loro di 15 mm.

Un nuovo tipo di elettrometro per la misura di potenziali elevati.

§ 3. Le misure del potenziale esplosivo furono fatte dapprima coll'elettrometro per alti potenziali del Righi. Senonchè, nel corso delle ricerche ritenni opportuno ricorrere ad altra maniera di effettuare tali misure.

Difatti, per la misura delle differenze di potenziale di scarica, data la presunzione di un effetto del calore sulla durata del periodo preparatorio, e data anzi la mia intenzione di ricercare un tale effetto, dovevo ricorrere ad un metodo che nel modo più rigoroso mi rendesse sicuro di ottenere valori non influenzati dalla durata più o meno grande della fase preparatoria.

Sotto questo riguardo il classico metodo del bivio potrebbe dare le migliori garanzie, ma chiunque lo abbia usato sa per esperienza che esso, per quanto comodo, non è tuttavia suscettibile di grande precisione. Fra altro difatti, quando una prima scintilla è scoccata fra due conduttori, oltre che le superfici di questi si alterano, le successive scintille, in conseguenza del fatto che trovano il gas meglio ionizzato, scoccano più

facilmente. Per questo si trova sempre una distanza esplosiva più grande a far cessare che non a stabilire la scarica fra due conduttori.

Nei vari elettrometri per alti potenziali sin qui adoperati, il sistema mobile presenta condizioni per le quali la sua inerzia può lasciare qualche dubbio sulla perfetta corrispondenza fra il valore vero del potenziale e il valore risultante dalla misura. L'apparecchio migliore, l'unico si può dire che raccolga l'unanime consentimento per la misura dei potenziali esplosivi, è quello idiostatico del Righi. E da esso infatti si può ottenere la desiderata misura rigorosa muovendo la macchina elettrostatica con opportuna lentezza.

Ma la macchina da me usata, mossa con un motore trifase, veniva ad assumere una velocità forse troppo grande rispetto a quella richiesta per il corretto uso dell'elettrometro Righi, e d'altro lato non mi era facile ottenere la richiesta riduzione di velocità.

Pensai quindi a modificare il metodo elettrometrico. L'inerzia sarebbe stata trascurabile in un elettroscopio a foglia metallica molto sottile, ma non potevo certo pensare di usarlo nella disposizione usuale per gli alti potenziali ricorrenti nelle mie osservazioni.

Mi sembrò invece possibile utilizzare la deviazione di una foglia d'oro facente parte dell'interno di un conduttore metallico non completamente chiuso; sistema del quale, in modo analogo e come fece il Righi per il suo elettrometro idiostatico, avrei potuto variare la sensibilità variando le dimensioni dell'apertura.

Feci costruire quindi una scatola metallica a bordi arrotondati quale è rappresentata in sezione orizzontale dalla fig. 2. Due pareti opposte verticali erano munite di piccole finestre F ed F' circolari prospicienti; la parete orizzontale superiore era attraversata da un piccolo tubo di metallo contro cui poteva farsi ruotare e scorrere un cilindretto metallico recante, come terminazione esterna, una sfera, e come terminazione interna, una appendice di quelle solite usate nell'elettroscopio a foglia d'oro e rappresentata in O.

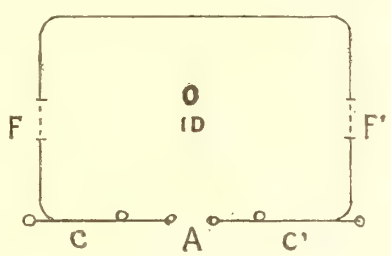


Fig. 2

Una delle pareti laterali più ampie era munita di una finestra A che poteva chiudersi od aprirsi in varia misura mediante due sportelli C e C' mobili a saracinesca sul piano della finestra medesima. Questi sportelli erano formati con grossa lastra metallica che ne consentiva l'arrotondamento dei bordi al fine di evitare dispersioni elettrostatiche.

L'apparecchio (che la fig. 3 rappresenta di prospetto) era poi fissato a vite sulla ghiera metallica superiore di un isolatore di Mascart; e la ghiera metallica di questo si utilizzava per la comunicazione dell'apparecchio col corpo di cui si voleva misurare il potenziale.

Dalla parte della finestra, e parallelamente a questa, era ad una certa distanza collocata una lastra metallica N messa in comunicazione col suolo.

Secondo la previsione, portando l'apparecchio ad un potenziale determinato, la foglia non subiva sensibile deviazione quando la finestra era chiusa. Deviava di angoli gradatamente crescenti aprendo la finestra in misura gradatamente crescente. E per una

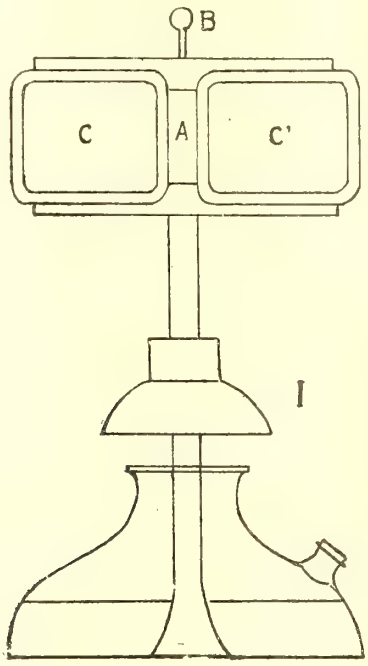


Fig. 3

determinata apertura della finestra, la deviazione della foglia cresceva col crescere del potenziale al quale veniva portato l'apparecchio.

Da ciò naturalmente risultava la possibilità di variare la sensibilità dell'apparecchio a seconda delle esigenze, semplicemente variando l'apertura della finestra. Più grande era l'apertura, e più sensibile diveniva l'apparecchio. La sensibilità nulla si aveva chiudendo interamente la finestra. In proposito dirò, che, secondo il previsto, una modificazione di sensibilità poteva anche ottenersi variando la inclinazione della lastra *N* contro alla faccia dell'apparecchio munito di finestra, sensibilità maggiore a parità di tutte le altre condizioni ottenendosi col collacare la lastra in guisa che essa assumesse una direzione verso il basso pressochè corrispondente a quella che assumeva la foglia colle sue deviazioni.

Ho tentato un po' di teoria dell'apparecchio, ma il problema mi è sembrato, almeno sotto il punto di vista analitico, superiore alle mie forze. Se si trattasse di un conduttore cavo, sottile, avente la forma sferica e munito di una o più aperture piccolissime, potrebbe applicarsi per la distribuzione della carica nell'interno di esso il risultato indicato da una elegante soluzione del Robin (1). Ma per il caso del conduttore

(1) Robin. — Oevres publiées sous les auspices du Ministère de l'Instruction Publique. *Phys. Mathém.* pag. 76. Paris, Gauthier-Villars, 1899.

costituente l'elettrometro da me usato siamo di fronte ad una forma alla quale non sembrano applicabili le conclusioni del Robin, nè d'altra parte sembrano molto facilmente adattabili considerazioni analitiche capaci in primo luogo di stabilire come varia, per un potenziale determinato, la carica nell'interno, al variare dell'apertura. Non sarà piuttosto impossibile ottenere dalla esperienza qualche utile conclusione in proposito, il che sarà appunto oggetto di miei futuri tentativi sperimentali.

D'altronde non è pel momento necessaria una teoria dell'apparecchio per renderne utile l'uso, perchè fuori di dubbio rimangono le seguenti due verità che giustificano e regolano l'uso medesimo:

1°. Fissa una determinata apertura, la deviazione della foglia cresce col crescere del potenziale.

2° Fisso il potenziale, la deviazione cresce col crescere dell'apertura.

La misura delle deviazioni della foglia avrebbe potuto farsi con un microscopio munito di scala micrometrica oculare se non vi fosse stato il pericolo derivante all'osservatore dall'elevato valore del potenziale al quale si portava l'apparecchio o per lo meno la possibilità di una forte dispersione dall'elettrometro alla massa vicina del microscopio. Mi parve utile usare il metodo seguente che ha dato ottimi risultati e si è dimostrato assai comodo.

Una scala millimetrata *S*, (fig. 4) convenientemente illuminata da una lampada *M*. veniva proiettata mediante una lente convergente *L* nella regione ove si trovava la

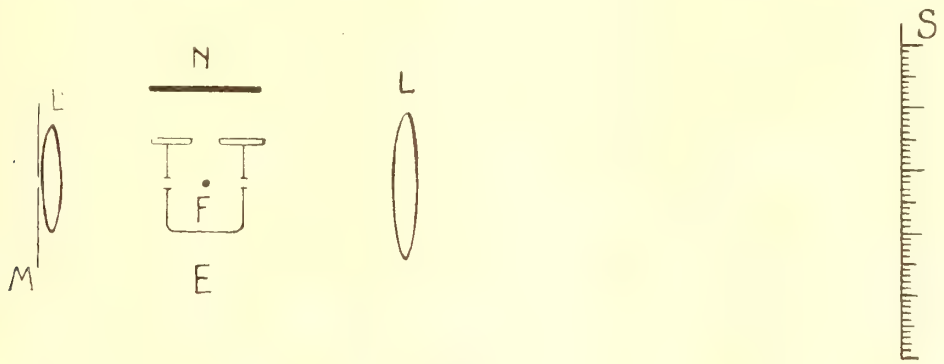


Fig. 4

foglia *F* dell'elettroscopio. L'immagine della scala e insieme la foglia venivano osservate mediante una lente convergente *L'* e contro alla parete oculare di questa era stata fissata una ampia lastra di metallo munita di piccolo foro per la osservazione e posta in comunicazione col suolo.

§ 4. I due fili *f* ed *f'* erano messi in comunicazione colle armature di una batteria di 24 bottiglie di Leida collegate a loro volta coi due conduttori di una macchina di Holtz mossa con motore elettrico. Uno dei fili era anche messo in comunicazione colla cassa dell'elettroscopio a foglia ora descritto, o coll'ago di un elettrometro per alti potenziali del Righi. L'altro filo era anche messo in comunicazione colla vasca *V*, col

suolo, e colla lastra N annessa all' elettroscopio a foglia d' oro, ovvero colla cassa esterna dell' elettrometro Righi.

Risultati ottenuti.

§ 5. *Misure del potenziale esplosivo col gas mantenuto a pressione costante.* Tali misure coll'elettrometro Righi portarono ad una variazione che può ritenersi ben caratterizzata dalla seguente fra le tabelle raccolte colle mie osservazioni. Le misure del potenziale non vi sono tradotte in Volta (il che potrebbe farsi sapendo che le deviazioni sono proporzionali ai quadrati dei potenziali e che l' elettrometro funzionava in modo che per 22000 volta si aveva approssimativamente la deviazione di 136 mm.) ma semplicemente indicate in mm. di deviazione.

Riscaldando

Temp. in C	deviaz. in mm.
18°	265
50°	180
80°	148
95°	130
100°	115

Raffreddando successivamente

Temp. in C	deviaz. in mm.
95°	120
80°	130
55°	170,
e poi con lentissimo ritorno a 18°	265

§ 6. *Misure del potenziale esplosivo col gas mantenuto a volume costante.* Usando l'elettrometro del Righi ottenni in questo caso risultati che conducevano logicamente a concludere per un aumento del potenziale eslosivo colla temperatura.

La invariabilità del potenziale colla temperatura trovata dal Cardani (Rend. Lincei, 1888) coll' uso dello stesso elettrometro Righi, fortificarono in me il dubbio più sopra esposto che questo elettrometro non mi desse il giusto valore del potenziale, per la rapidità troppo grande colla quale si muovevano i dischi della macchina da me usata. Per questo pensai all'altro elettrometro descritto.

Con esso difatti ottenni la conferma, almeno nei limiti di temperatura entro i quali operai, della costanza del potenziale esplosivo al variare della temperatura, come risulta dal seguente prospetto :

Temperatura	Dev. della foglia
15° C	div. 20
45° C	» 19,5
75° C	» 20
90° C	» 20,5

Aprendo a questa ultima temperatura il rubinetto del pallone, ebbi invece a misurare la deviazione di 14 div., il che conferma la diminuzione del potenziale esplosivo colla temperatura quando si operi col gas a pressione costante.

§ 7. *Misura della durata del proceseo preparatorio della scintilla.* Con un buon cronometro ho misurato il tempo occorrente alla produzione di un determinato numero di scintille, in condizioni termiche differenti per il gas mantenuto a volume costante e da esse attraversato. Ho ottenuto risultati che vengono bene rappresentati dalla serie di misure del seguente prospetto:

Per la produzione di	10	scintille	alla temperatura di	15° *C*	occorrono secondi	136
»	»	»	»	45° *C*	»	» 123
»	»	»	»	95° *C*	»	» 115

Siccome la elevazione della temperatura da me operata nel gas è incomparabilmente piccola rispetto alla elevazione termica determinata dalla scintilla nella regione da essa attraversata, non è da ritenere che il riscaldamento del gas da me operato possa influire sulla durata della scintilla.

Ne segue che l'aumento del numero delle scintille per unità di tempo, ottenuto colla elevazione della temperatura, deve interpretarsi come dovuto ad una diminuzione della durata del processo preparatorio della scarica.

Intorno all'influenza del campo magnetico sul getto a mercurio di Lippmann

NOTA

DEL

Prof. LAVORO AMADUZZI

letta nella Sessione del 23 novembre 1919.

Oggetto della ricerca e dispositivo sperimentale.

§ 1. I risultati di una ricerca che alcuni anni addietro intrapresi (*Nuovo Cimento*, maggio 1903), in unione col prof. Trowbridge dell'Università di Princetown, e secondo i quali un getto a mercurio di Lippmann risente l'azione di un campo elettromagnetico, mi hanno fatto pensare all'opportunità di studiare una eventuale azione sul getto per parte di un campo magnetico.

Tale opportunità è risultata pienamente giustificata dalle conclusioai delle mie esperienze, le quali, se lasciano incerti su quella interpretazione loro della quale potrò occuparmi in altra Nota, contengono una indicazione di fatti non del tutto privi di interesse.

Il dispositivo sperimentale da me usato (fig. 1) consisteva sostanzialmente in un tubo di vetro t affilalo verticale, immerso per la parte affilata in altro tubo di vetro T a sezione più ampia, attraversato nel suo fondo da un filo metallico F. Nel tubo T era collocato fino ad una certa altezza del mercurio M e al disopra di questo una soluzione di cloruro di sodio. Il tubo t veniva riempito di mercurio che effluiva dall'estremo affilato inferiore attraverso all'elettrolita per raggiungere il mercurio inferiore M.

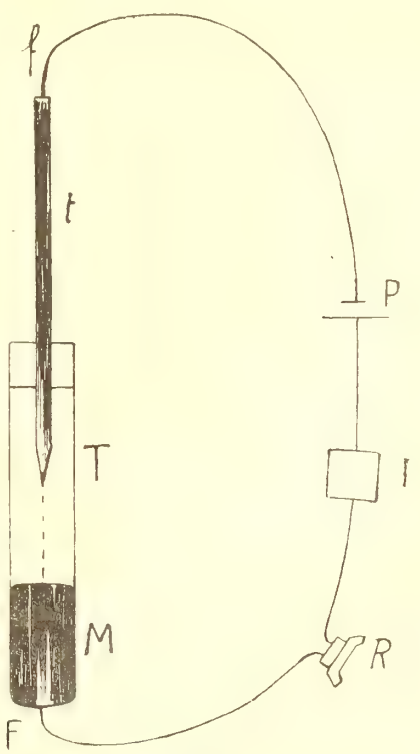


fig. 1

Mediante un filo f immerso nel mercurio del tubo t, ed il filo F attraversante il tubo T, il sistema veniva collocato in circuito con una pila P, un interruttore inversore I, ed un telefono N.

Il campo magnetico usato veniva fornito da una

elettrocalamita del Faraday coi pezzi polari forati, e poteva farsi agire sul getto a mercurio trasversalmente o longitudinalmente, disponendo la elettrocalamita rispetto al getto nelle due maniere indicate dalle figure 2 e 3 rispettivamente. La corrente eccitatrice della elettrocalamita poteva venire invertita e naturalmente anche regolata mediante un reostato.

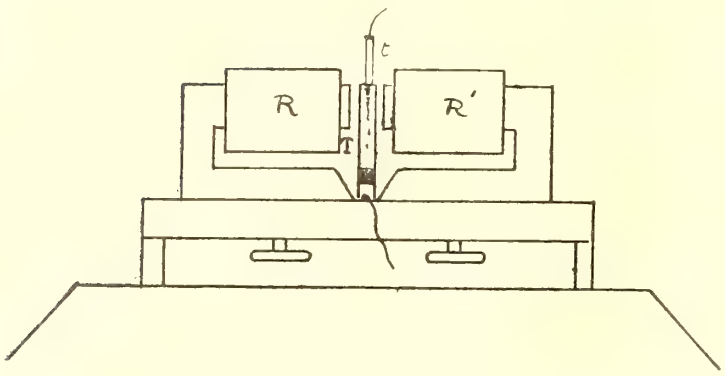


fig. 2

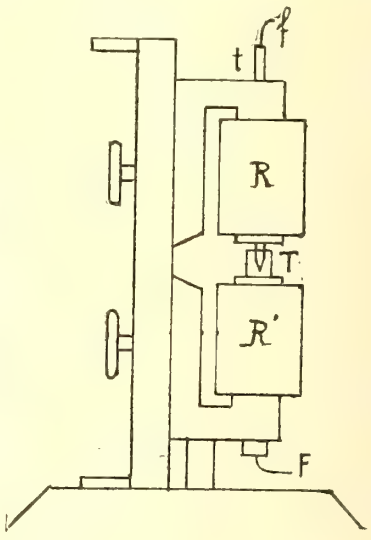


fig. 3

Prime osservazioni.

§ 2. *Uso del campo trasversale.* Le prime osservazioni sono state fatte col campo trasversale ed i primi risultati sono stati questi.

Col getto negativo (vale a dire in comunicazione col polo negativo della pila) si ha, senza campo, efflusso apparentemente continuo e nel telefono l'impressione di un soffio a carattere musicale. Col campo il getto si incurva, ma non si ha modificazione marcata nella tonalità del soffio. Si direbbe, se mai, che diventi più acuto.

Col getto positivo l'efflusso è, senza campo, marcatamente discontinuo, talvolta a goccie grosse. Al telefono si ha l'impressione di tanti piccoli colpi separati da un soffio a carattere musicale. Col campo, si incurva il getto, si aumenta la frequenza dei colpi e il soffio a carattere musicale sembra crescere in altezza. Quando si tratta della caduta di goccie grosse il campo non mostra influenza sensibile.

§ 3. *Uso del campo longitudinale.* Coll'uso del campo longitudinale non notai alcuna influenza sensibile sul getto da me studiato, che d'altra parte presentava gli stessi caratteri, anche per l'impressione da esso determinata al telefono, precedentemente indicati nel § 2.

Altre osservazioni per un migliore esame dell' azione esercitata dal campo trasversale.

§ 4. Quali possono essere le presumibili azioni del campo trasversale? Probabilmente una modificazione del valore della tensione superficiale ed una deformazione conseguente a deviazione della corrente che attraversa la goccia mentre sta ingrandendosi prima di distaccarsi; deformazione che da sola porterebbe il getto di goccie dalla condizione rappresentata dalla fig. 4 a quella rappresentata dalla fig. 5. L' una cosa e

fig. 4

fig. 5

fig. 6

l' altra (azione sulla tensione superficiale e deformazione) modificheranno il regime di produzione delle goccie e quindi il suono al telefono. Ma la deviazione del getto è tale da far ritenere che essa riguardi il getto stesso come successione di goccie, per cui si può pensare che la deviazione medesima si determini per il getto in quanto è un conduttore mobile percorso da corrente. Difatti la corrente passerà sì dal mercurio del tubo affilato all' elettrolita, ma in parte si deriverà nelle goccie come mostra la figura 6.

Ho creduto quindi conveniente fare agire il campo opportunamente concentrato da pezzi polari a superficie terminale ristretta, sul getto, a distanza dalla regione ove si formano le goccie.

Ho perciò sollevato il tubo t pur lasciando che le goccie si formassero entro la soluzione elettrolitica ed ho sostituito ai pezzi polari N' ed S' (fig. 7) che prima agivano contro l' estremo inferiore del tubo t i pezzi polari N ed S a sezione tronco-conica.

Questi venivano così ad agire nella condizione da me voluta, su una porzione cioè del getto lontana dal luogo d' efflusso, e sufficientemente lontana per poter ritenere che in questo luogo il campo magnetico avesse una qualche sensibile azione.

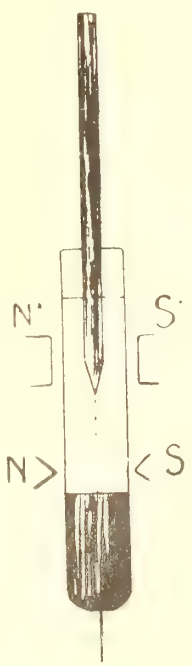


fig. 7

Per una osservazione corretta delle deviazioni, che in questo caso apparivano meno evidenti, sono ricorso all' uso del cannocchiale C che serve alla lettura dei cerchi graduati

della nota bussola di Gambey, disponendolo contro alla apertura di uno dei pezzi polari della elettrocalamita, come mostra la fig. 8. Trovai conveniente disporre anche in posizione laterale opportuna una lampada elettrica *L*, destinata ad illuminare il getto da osservare.

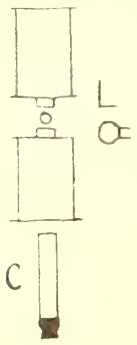


fig. 8

Così potei ben vedere che col getto positivo si nota un marcato spostamento di esso per l'azione del campo, mentre che col getto negativo non avviene alcuno spostamento sensibile. Lo spostamento è quale può prevedersi come azione elettromagnetica del campo sulla corrente attraversante la successione delle goccie costituenti il getto.

§ 5. Sebbene il diverso comportamento a secouda della polarità del getto sia tale da farlo ritenere poco probabile, ho tuttavia pensato che possano intervenire nella manifestazione delle deviazioni osservate quegli spostamenti che il Righi (1) considera nelle sue ricerche sulla distribuzione della corrente entro la massa di elettroliti esposti alla azione di un campo magnetico.

Ho quindi ritenuto opportuno cercare di porre innanzi tutto in rilievo siffatti spostamenti e a tal fine sono ricorso all'artificio seguente. Nell'interno del tubo *T* ho collocato (fig. 9) un pendolino *P* formato con un filo di seta al quale in basso era attaccata una piccola sferetta di resina. L'estremo superiore del filo era attaccato ad un ponticello metallico *S* fissato all'orifizio del tubo. Il pendolino veniva a trovarsi per gran parte immerso nella soluzione elettrolitica e ne occupava la regione assiale, tenendo il posto del tubo *t* a getto di mercurio. La corrente si stabiliva nell'elettrolita per mezzo di un elettrodo aggiunto *G*.

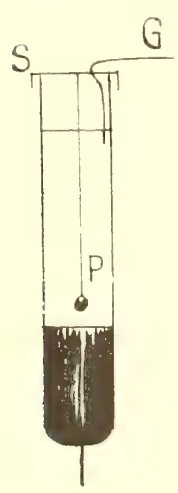


fig. 9

L'osservazione del filo e dei suoi spostamenti conseguenti allo spostamento dell'elettrolita poteva farsi col cannocchiale medesimo disposto per la osservazione dello spostamento del getto di mercurio.

Il risultato delle osservazioni fu in perfetto accordo con quanto prevede il Righi nel lavoro citato, e dimostra nettamente lo spostamento del liquido attraversato da una corrente, per parte di un campo magnetico.

§ 6. *Di un possibile mezzo di misura dei campi magnetici.* La nettezza colla quale si poterono esaminare gli spostamenti del filo, la costanza del valore di questi in corrispondenza di campi costanti e la variaziooe in corrispondenza di campi di vario valore, mi ha anzi fatto pensare che sia possibile utilizzare gli indicati spostamenti per procedere a misure di intensità di campi magnetici, o, con noti e costanti campi magnetici, a misure di intensità di correnti. Già il Lippmann fece una analoga applicazione nel suo noto galvanometro a spostamento di mercurio.

(1) Righi. — *I fenomeni elettro-atomici nel campo magnetico.* Bologna, Zanichelli 1918, p. 352 e *Sulla distribuzione della corrente in un elettrolita posto nel campo magnetico.* Rend. della R. Accad. dei Lincei, 6 giugno 1915.

Ritengo però che l'uso del pendolino situato entro all'elettrolita percorso da corrente debba essere migliore e più comodo. Su questo peraltro mi riservo di fare qualche tentativo.

§ 7. Il constatato spostamento dell'elettrolita per effetto del campo e la possibilità che esso determini lo spostamento di corpi che contenga, darebbe argomento per pensare che la deviazione del getto a mercurio risenta anche dello spostamento dell'elettrolita; pur rimanendo ben difficile spiegare il diverso comportamento del getto a seconda che sia positivo ovvero negativo.

Senonchè la seguente esperienza da me effettuata toglie ogni valore alla presunzione. Ho lasciato entro il tubo T il tubo t col getto a mercurio ma non ho incluso questo nel circuito elettrico, nel quale invece, come indica la fig. 10, ho lasciata la soluzione elettrolitica.

Orbene qualunque fossero la direzione del campo e quella della corrente percorrente l'elettrolita attraversato dalle goccioline cadenti di mercurio, il getto di queste non mostrò di subire alcuno spostamento.

fig. 10

SULLA AMPUTAZIONE DEL CORPO DELLE OSSA INTERMASCELLARI NEL CAVALLO

MEMORIA

DEL

PROF. ANGELO BALDONI

letta nella Sessione del 6 Aprile 1919.

(CON 4 FIGURE)

Gli interventi chirurgici cruenti di maggiore importanza sulle ossa intermascellari del cavallo fino ad ora sono consistiti nella asportazione di frammenti ossei in casi di frattura comminutiva del corpo di uno o di tutti e due gli intermascellari e più raramente nella resezione limitata del margine alveolare nelle epulidi actinomicotiche, botriomicotiche, sarcomatose e carcinomatose e nella necrosi consecutiva a frattura o ad alveolite.

Queste operazioni sono entrate nella pratica veterinaria probabilmente dopo la pubblicazione dell' osservazione di Keller (1), il quale in un cavallo con frattura di tutti e due gli intermascellari, non ritenendo possibile la guarigione per la difficoltà di applicare un apparecchio immobilizzante e partendo dal concetto che i bovini non hanno i denti incisivi nella mascella superiore, allontanò i frammenti ossei con i sei incisivi, arrestò l' emorragia dell' arteria palatina in parte con la compressione e con il creosoto, in parte col cauterio, ed ottenne la guarigione in sei settimane.

Avuta la dimostrazione che le perdite parziali del corpo delle ossa intermascellari e dei relativi incisivi nel cavallo non portano un disturbo apprezzabile nella presa degli alimenti e nella masticazione, era naturale che in tutte le fratture comminutive di queste ossa, data l' impossibilità di immobilizzare i frammenti, si dovesse ricorrere all' allontanamento delle schegge ed alla regolarizzazione del moncone, e che nelle epulidi maligne e nei processi necrotici si ritenesse opportuna la resezione parziale del margine alveolare.

Ma i successi di questi interventi non sono stati sempre soddisfacenti perchè nelle fratture comminutive, che in queste ossa sono sempre complicate dalla lacerazione

(1) Keller. — Behandlung eines Bruches beider kleinen Kieferbeine bei einem Pferde. Repertorium 1841 pag. 22.

della mucosa, si inizia presto un' infezione ; nelle epulidi si ha spesso recidiva perchè la resezione è stata insufficiente, e in tutti i casi, ad operazione terminata, rimanendo superficie ossee più o meno estese allo scoperto ed esposte ai numerosi agenti infettanti che si trovano nella cavità boccale, su di esse si stabilisce facilmente un processo infiammatorio e necrotico.

È perciò che abbiamo deciso di vedere se nelle gravi lesioni, per le quali fino ad ora è stata eseguita l' asportazione parziale, corrispondesse meglio l' amputazione del corpo degli intermascellari secondo le norme chirurgiche generali. I risultati sono stati ottimi sotto ogni rapporto.

L' amputazione del corpo degli intermascellari nei solipedi, per quanto ci consta, non è stata mai praticata. Di essa hanno fatto cenno alcuni autori, ma più specialmente per analogia con l' amputazione del corpo del mascellare inferiore, la quale in seguito alla comunicazione di Bouley (1), che fu il primo a praticarla, è diventata un' operazione abbastanza comune in veterinaria. Lanzillotti (2), a proposito delle fratture delle ossa intermascellari, dice che quando la frattura è estesa ai due intermascellari, si può fare l' amputazione immediatamente dietro i cantoni o un po' più in là secondo il punto in cui l' osso è sano e che l' operazione si esegue con le stesse norme che valgono per l' amputazione del corpo del mascellare inferiore.

L' amputazione si può fare effettivamente un pò al di dietro dei cantoni, come afferma Lanzillotti, nel qual caso delle radici degli incisivi si evitano tutto al più quelle dei picozzi ; oppure in corrispondenza della porzione posteriore del corpo, o più in dietro ancora, a principio cioè delle apofisi montanti e palatine, a seconda della estensione della lesione.

La tecnica operativa dell' amputazione parziale del corpo degli intermascellari è identica a quella dell' amputazione parziale del corpo della mandibola, salvo a provvedere all' emorragia dell' arteria palatina. Invece nell' amputazione totale del corpo degli intermescellari, cioè a livello del principio delle apofisi, le condizioni sono molto diverse da quanto si fa l' amputazione di tutto il corpo del mascellare inferiore e perciò è differente la tecnica. In seguito all' allontanamento di tutto il corpo della mandibola restano libere e mobili le due branche, che perciò debbono essere riunite ed immobilizzate perchè si saldino ; nella mascella superiore restano fissi i monconi centrali delle apofisi per il fatto che i processi palatini sono in rapporto fra di loro e col vomere, i processi montanti sono aderenti ai mascellari superiori ed ai nasali, fra le quali ossa è compresa la loro estremità superiore. Per questa fissità delle varie porzioni ossee del moncone centrale, l' operazione è molto più semplice, la cicatrizzazione più sicura e più sollecita e non si ha come conseguenza lo spostamento delle tavole dei denti molari, il quale è inevitabile in seguito all' amputazione del corpo della mandibola a livello delle branche.

(1) Bouley — Ampuntation de la mâchoire inférieure pratiquée sur le cheval au col du maxillaire. Recueil de Médecine Vétérinaire 1838 pag. 524.

(2) Lanzillotti — Tecnica e terapeutica chirurgica. Vol. 2° pag. 268.

L' operazione si esegue nell' animale coricato e con la testa sollevata mediante un sacco pieno di paglia. L' anestesia non è necessaria. Per tenere aperta la bocca si deve applicare lo specolo a cuneo di Bayer: tutti gli specoli ad aste fisse, quelli ad aste mobili e gli specoli divaricatori mediante corregge di cuoio non sono consigliabili perchè non lasciano completamente libero il campo operatorio.

Il primo tempo dell' operazione consiste nella incisione e dissezione dei tessuti molli. Mentre un aiuto tiene ferma la lingua verso la commessura labiale opposta a quella corrispondente allo specolo e sollevato il labbro superiore, si pratica con un bistori una incisione a mano piena fino all' osso, tutto all' ingiro e il più vicino possibile ai denti e si disseca tutto il margine centrale dell' incisione fino ad oltrepassare il punto in cui si deve determinare la sezione dell' osso. La dissezione del periostio è difficile: esso in generale viene troppo maltrattato specialmente nella porzione corrispondente alla faccia palatina del corpo ed alle branche, ma la sua conservazione non è indispensabile. La dissezione della mucosa riesce assai più facile se si pratica una incisione per lato, perpendicolare a quella circolare, in corrispondenza del margine laterale del corpo dell' intermascellare, per modo che il manicotto, invece di essere circolare, risulta di due lembi quasi semilunari, uno superiore ed uno inferiore.

Durante la dissezione si ha emorragia delle arterie palatine, la quale si arresta facilmente con la forcipressione o con la torsione, di rado è richiesta la legatura.

Sulla faccia labiale dell' osso messo allo scoperto, in vicinanza del punto in cui la mucosa è rovesciata, si applica la sega trasversalmente all' asse maggiore della mascella e si divide l' osso. Tutte le varie forme di sega ad arco e di sega a coltello corrispondono allo scopo. Si può adoperare anche la sega del Gigli, la quale però è preferibile che sia applicata contro la faccia palatina dell' osso, parimenti vicino al punto in cui termina la dissezione della mucosa.

Dal moncone osseo si ha scarsa emorragia che si arresta subito col tamponaggio. Ad emostasia completa si rovesciano sul moncone i due lembi di mucosa che, regolarizzati, vengono riuniti con sutura nodosa in modo da ricoprire perfettamente tutta la superficie cruenta dell' osso.

Il trattamento consecutivo consiste nel tenere per due o tre giorni digiuno l' animale e nel disinfettare nel miglior modo possibile due o più volte al giorno il campo operato. In generale se il combaciamento dei margini dei due lembi è riuscito perfetto e l' operazione è stata eseguita con asepsi rigorosa, si ottiene la cicatrizzazione di prima intenzione e in ottava o decima giornata si possono allontanare i punti di sutura.

Gradatamente la mucosa che ricopre il moncone osseo si ispessisce, diventa dura e dopo alcune settimane si trova nel punto operato una callosità, che ricorda quella del margine libero degli intermascellari dei bovini.

L' amputazione limitata del corpo degli intermascellari non ha come conseguenza un grave disturbo funzionale. Soltanto a principio gli operati mostrano una certa difficoltà a prendere la biada, ma tale difficoltà cessa subito perchè gli animali si abituano a servirsi esclusivamente delle labbra come organi di presa.

Un disturbo nella presa degli alimenti non si ha neppure dopo l' amputazione di tutto il corpo degli intermascellari, in seguito alla quale si potrebbe supporre che il labbro superiore, mancando di appoggio, dovesse, specialmente quando l' animale introduce il fieno nella bocca, essere spinto all' interno e leso dai denti incisivi inferiori.

In un cavallo sano abbiamo fatta l' amputazione ad un centimetro al di sopra del foro incisivo, a livello delle apofisi. Il pezzo di osso asportato (fig. 1 e 2) misurava alla faccia esterna dall' estremità superiore al margine labiale della tavola dei picozzi la lunghezza di cm. 7, alla faccia palatina dall' estremità superiore al margine linguale della tavola dei picozzi la lunghezza di cm. $6\,^1/_2$. Appena terminata l' operazione abbiamo somministrato fieno e biada all' animale. Nella presa del foraggio non si aveva nessun disturbo, si notava invece difficoltà nella presa della biada, difficoltà che è scomparsa in tre o quattro giorni.

Benchè la cura consecutiva sia stata molto trascurata la cicatrizzazione è avvenuta di prima intenzione. Abbiamo tenuto in osservazione il cavallo per quaranta giorni dopo l' operazione, durante il qual tempo non abbiamo notato nessuna modificazione nella direzione del labbro superiore (fig. 3), il quale veniva sollevato come nelle condizioni normali nel momento di afferrare il foraggio. Al termine di questo periodo il moncone appariva arrotondato e ricoperto da mucosa molto dura, callosa (fig. 4).

Quindi l' amputazione limitata od estesa dei due intermascellari non dà luogo a disturbi nella presa degli alimenti, che agli animali allo stato domestico vengono somministrati tutti divisi, ma è causa di conseguenze gravi e persino della morte per fame nei soggetti allo stato brado perchè questi, come notò Bouley a proposito dell' amputazione del corpo della mandibola, hanno bisogno di esercitare un certo sforzo di trazione con gli incisivi per procurarsi gli alimenti. Essa, eseguita secondo le norme chirurgiche generali, è sempre preferibile alle semplici asportazioni parziali come fino ad ora sono state praticate, perchè mette a riparo da processi infettivi e necrotici delle porzioni degli intermascellari che rimangono in posto e fa ottenere molto più presto la guarigione.

Fig. 1.

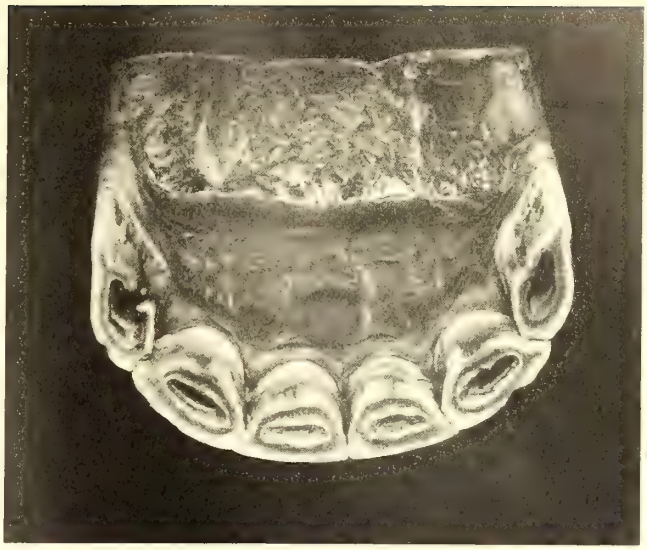


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

SULLA TRASFORMAZIONE DELLE CURVE DEL BERTRAND

NOTA

DEL

PROF. AMILCARE RAZZABONI

letta nella Sessione del 9 Marzo 1919.

In una Nota inserita negli *Atti del reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti* (anno accademico 1900-901), generalizzando una costruzione data dal sig. Demartres per la trasformazione delle curve del Bertrand (*Comptes rendus*, 1888), dimostrai che:

Se C è una curva della specie, di equazione

$$\frac{\cos\sigma}{\tau} - \frac{\operatorname{sen}\sigma}{\rho} + \frac{1}{a} = 0 \tag{1}$$

ove σ ed a indicano due costanti, e ρ e τ i raggi risp. di flessione e di torsione espressi in funzione dell' arco u della curva, conducendo con legge di continuità per ogni punto M di C, nel piano che passa per la normale principale ed è inclinato sul piano osculatore dell' angolo σ, un segmento MM_1 di lunghezza $a\cos k$, essendo k una costante arbitraria, il luogo dei punti M_1 è pure una curva di *Bertrand* della stessa famiglia della C, quando l' angolo ψ che il segmento MM_1 forma con la normale principale suddetta sia determinato dall' equazione

$$\frac{d\psi}{du} = \frac{\cos\sigma}{\rho} + \frac{\operatorname{sen}\sigma}{\tau} + \frac{\operatorname{sen}\sigma - \cos k\cos\psi}{a(\cos\sigma + \operatorname{sen} k)}. \tag{2}$$

Indicando con x, y, z le coordinate del punto M di C, con x_1, y_1, z_1 quelle del punto corrispondente M_1 della trasformata C_1, con α, β, γ gli angoli che la direzione positiva della tangente in M alla C forma con gli assi coordinati, con ξ, η, ζ, quelli della normale principale e con λ, μ, ν quelli della binormale, la C_1 verrà rappresentata dall' eqnazioni:

$$x_1 = x + a\cos k(\cos\sigma\operatorname{sen}\psi\cos\alpha + \cos\psi\cos\xi + \operatorname{sen}\sigma\operatorname{sen}\psi\cos\lambda),\ldots \tag{3}$$

le quali, supposto ψ indipendente dalla u, rappresentano anche la superficie generata da un cerchio, di centro M e di raggio $MM_1 = a\cos k$, giacente nel piano condotto per la normale principale ed inclinato sul piano osculatore dell' angolo σ.

Soddisfacendo la ψ all' equazione differenziale (2), che è del primo ordine, il suo integrale conterrà una costante arbitraria e quindi per ogni valore di k si avranno infinite curve del *Bertrand*, di cui la superficie considerata è evidentemente il luogo.

Una superficie di questa specie (generalizzazione delle superficie canali) la indicheremo per semplicità con Σ, e in particolare con Σ_k, quando la linea dei centri (asse) sia una curva C del *Bertrand*, ed $a \cos k$ ne sia il raggio (raggio del cerchio generatore). È poi manifesto che, variando k tra o e ∞, la doppia infinità delle trasformate (3) della curva primitiva verranno a distribuirsi su altrettante superfici Σ_k, aventi tutte per asse la stessa C.

Premesso ciò, prendiamo ora a considerare sopra una Σ_k una qualunque delle corrispondenti trasformate C_1 di C; avremo pei coseni direttori della sua tangente i valori che riporto dalla mia Nota surricordata:

$$\cos \alpha_1 = \frac{\cos \sigma + \operatorname{sen} k - \cos k \cos \psi \,(\cos k \cos \sigma \cos \psi + \operatorname{sen} k \operatorname{sen} \sigma)}{1 + \operatorname{sen} k \cos \sigma - \cos k \operatorname{sen} \sigma \cos \psi} \cos \alpha +$$
$$+ \frac{\cos k \operatorname{sen} \psi \,(\cos k \cos \psi - \operatorname{sen} k)}{1 + \operatorname{sen} k \cos \sigma - \cos k \operatorname{sen} \sigma \cos \psi} \cos \xi + \cos k \cos \psi \cos \lambda, \ldots ;$$

mentre per quelli della tangente a uno qualsiasi dei cerchi u della superficie stessa seguiranno dalle (3) gli altri

$$(4) \qquad \frac{1}{a \cos k} \frac{d x_1}{d \psi} = \cos \sigma \cos \psi \cos \alpha - \operatorname{sen} \psi \cos \xi + \operatorname{sen} \sigma \cos \psi \cos \lambda, \ldots$$

per modo che troveremo pel coseno dell' angolo che la C_1 forma con questi cerchi l' espressione

$$(5) \quad \cos A = \frac{1}{a \cos k} \Sigma \frac{d x_1}{d \psi} \cos \alpha_1 = \frac{\cos k \operatorname{sen} \sigma + (\cos^2 \sigma - \cos^2 k + \operatorname{sen} k \cos \sigma) \cos \psi}{1 + \operatorname{sen} k \cos \sigma - \cos k \operatorname{sen} \sigma \cos \psi}.$$

Questo valore, in generale variabile da cerchio a cerchio, non potrà essere costante salvo che esso non sia indipendente da ψ, ciò che esige che coesistano le due eguaglianze

$$\cos k \operatorname{sen} \sigma = (1 + \operatorname{sen} k \cos \sigma) \cos A,$$
$$\cos^2 \sigma - \cos^2 k + \operatorname{sen} k \cos \sigma = - \cos k \operatorname{sen} \sigma \cos A,$$

ovvero l' altra che immediatamente se ne deduce, eliminando tra esse $\cos A$,

$$\cos^2 k \operatorname{sen}^2 \sigma + (\cos^2 \sigma - \cos^2 k + \operatorname{sen} k \cos \sigma)\ (1 + \operatorname{sen} k \cos \sigma) = 0$$

e che, dopo facili riduzioni, si semplifica nella

$$(6) \qquad \operatorname{sen} k \cos \sigma \,(\operatorname{sen} k + \cos \sigma)^2 = 0.$$

Non potendo per la (2) essere $\operatorname{sen} k + \cos \sigma = 0$, quest' equazione non potrà essere soddisfatta che da $\operatorname{sen} k = 0$ ovvero da $\cos \sigma = 0$.

Nel primo caso, siccome si ha allora per la (5) $\cos A = \operatorname{sen} \sigma$, vediamo che le trasformate corrispondenti della C sono trajettorie isogonali sotto l'angolo $\frac{\pi}{2} - \sigma$ dei cerchi (di raggio a) delle superficie che con le nostre notazioni è definita da Σ_o.

Nell' altro caso di $\cos \sigma = 0$, per cui la (6) è verificata qualunque sia k, siccome segue dalla (1) che la C e quindi tutte le sue trasformate sono curve della medesima flessione costante $\frac{1}{a}$, considerando quelle corrispondenti a uno stesso valore di k, ed osservando inoltre che si ha per la (5) $\cos A = \cos k$, abbiamo il risultato, già da me ottenuto per altra via (*):

Se C è una curva a flessione costante $\frac{1}{a}$, considerando la superficie canale di asse C e di raggio b ($\leq a$), le trajettorie isogonali dei cerchi di curvatura, sotto l' angolo costante k determinato dalla relazione $a \cos k = b$, sono curve della stessa flessione costante ed uguale a quella della C.

Ritornando al caso generale, proponiamoci ora di vedere se e in quali casi le trasformate (3) di una curva del Bertrand, relative a un dato valore di k, possono essere geodetiche della corrispondente superficie Σ_k su cui sono tracciate.

Considerando una di tali curve, dovremo perciò esprimere la condizione che la normale principale della curva sia in ogni suo punto normale alla Σ_k, ciò che esige che sia soddisfatta l' eguaglianza

$$\frac{1}{a \cos k} \Sigma \frac{dx_1}{d\psi} \cos \xi_1 = 0, \tag{7}$$

avendo indicato con ξ_1 η_1 ζ_1 gli angoli che la normale principale suddetta forma cogli assi.

Pei coseni di questi angoli si hanno i valori:

$$\cos \xi_1 = \frac{\cos k \operatorname{sen} \psi (\cos k \cos \sigma \cos \psi + \operatorname{sen} k \operatorname{sen} \sigma)}{1 + \operatorname{sen} k \cos \sigma - \cos k \operatorname{sen} \sigma \cos \psi} \cos \alpha +$$

$$+ \frac{\cos k \cos \psi (\cos k \cos \psi - \operatorname{sen} \sigma) + \operatorname{sen} k (\operatorname{sen} k + \cos \sigma)}{1 + \operatorname{sen} k \cos \sigma - \cos k \operatorname{sen} \sigma \cos \psi} \cos \xi - \cos k \operatorname{sen} \psi \cos \lambda, \ldots$$

quali trovansi determinati nella mia Nota precitata; di guisa che sostituendoli nella (7) insieme a quelli di

$$\frac{1}{\alpha \cos k} \frac{dx_1}{d\psi}, \ldots$$

(*) *Sulle superfici nelle quali i circoli osculatori delle linee di curvatura di un sistema tagliano un piano fisso sotto un angolo costante.* Memorie di questa R. Accademia, Serie VII, Tomo I, 1913-14.

dati dalle (4), otterremo, fatte le debite riduzioni, l' equazione semplicissima

$$\operatorname{sen} k\,(\operatorname{sen} k + \cos\sigma)\operatorname{sen}\psi = 0$$

che non può essere soddisfatta che da $\operatorname{sen} k = 0$.

Siamo così ricondotti al caso precedente e possiamo perciò concludere col *Demartres*:

Se per ogni punto di una curva del Bertrand di equazione intrinseca

$$\frac{\cos\sigma}{\tau} - \frac{\operatorname{sen}\sigma}{\rho} + \frac{1}{a} = 0,$$

si descrive un cerchio di raggio a *il cui piano passi per la normale principale della curva e sia inclinato sul piano osculatore dell' angolo* σ, *le trajettorie sotto l' angolo* $\frac{\pi}{2} - \sigma$ *di questi cerchi sono linee geodetiche e insieme curve del Bertrand agli stessi parametri della primitiva.*

Ma qui possiamo completare questo risultato dimostrando inversamente che:

Se una superficie Σ *possiede un sistema di geodetiche, che nello stesso tempo siano trajettorie isogonali sotto l' angolo* $\frac{\pi}{2} - \sigma$ *dei cerchi della superficie, le linee stesse non che l' asse (linea dei centri di questi cerchi) sono curve del Bertrand della stessa famiglia.*

A tale oggetto, mantenendo invariate le precedenti notazioni, potremo rappresentare la nostra superficie mediante le equazioni:

$$x_1 = x + a\,(\cos\sigma\operatorname{sen}\psi\cos\alpha + \cos\psi\cos\xi + \operatorname{sen}\sigma\operatorname{sen}\psi\cos\lambda), \ldots$$

da cui derivando e tenute presenti le formole del *Frenct*, seguiranno le altre

$$\frac{\partial x_1}{\partial u} = \left(1 - \frac{a\cos\psi}{\rho}\right)\cos\alpha + a\operatorname{sen}\psi\left(\frac{\cos\sigma}{\rho} + \frac{\operatorname{sen}\sigma}{\tau}\right)\cos\xi - \frac{a\cos\psi}{\tau}\cos\xi, \ldots$$

$$\frac{\partial x_1}{\partial\psi} = a\left(\cos\sigma\cos\psi\cos\alpha - \operatorname{sen}\psi\cos\xi + \operatorname{sen}\sigma\cos\psi\cos\lambda\right), \ldots$$

e perciò l' elemento lineare della superficie assumerà la forma

$$ds^2 = Edu^2 + 2\,Fdudv + Gdv^2 \tag{8}$$

ove, per le precedenti,

$$\begin{cases} E = \left(1 - \dfrac{a\cos\psi}{\rho}\right)^2 + a^2\operatorname{sen}^2\psi\left(\dfrac{\cos\sigma}{\rho} + \dfrac{\operatorname{sen}\sigma}{\tau}\right)^2 + \dfrac{a^2\cos^2\psi}{\tau^2}, \\ F = a\cos\sigma\cos\psi - a^2\left(\dfrac{\cos\sigma}{\rho} + \dfrac{\operatorname{sen}\sigma}{\tau}\right) \\ G = a^2. \end{cases} \tag{9}$$

Essendo per ipotesi $\frac{\pi}{2} - \sigma$ l' angolo che le trajettorie considerate formano coi cerchi u della superficie in questione, esse saranno rappresentate dall' equazione

$$\left(Fdu + Gd\psi\right)\cos\sigma = \sqrt{EG - F^2}\,\text{sen}\,\sigma\,du,$$

che, resa razionale, equivale all' altra

$$G^2\cos^2\sigma d\psi^2 + 2FG\cos^2\sigma d\psi du + (F^2 - EG\,\text{sen}^2\,\sigma)\,du^2 = 0. \tag{10}$$

D' altra parte, scrivendo l' equazione generale delle geodetiche di una superficie di elemento lineare (8) nella forma data da *Gauss*

$$\sqrt{EG - F^2}d\theta = \frac{1}{2}\frac{F}{G}dG + \frac{1}{2}\frac{\partial G}{\partial u}d\psi - \frac{\partial F}{\partial \psi}d\psi - \frac{1}{2}\frac{\partial E}{\partial \psi}du = 0,$$

nella quale, rappresentando θ l' angolo d' inclinazione di esse geodetiche sulle linee u, ha nel nostro caso il valore costante $\frac{\pi}{2} - \sigma$, nel tempo stesso che G ha il valore costante a^2, otterremo l' equazione

$$\frac{\partial F}{\partial \psi}\partial\psi + \frac{1}{2}\frac{\partial E}{\partial \psi}du = 0$$

che dovrà naturalmente coesistere con la (10).

Ora, poichè dalle (9) si deduce derivando

$$\frac{\partial E}{\partial \psi} = 2\left(1 - \frac{a\cos\psi}{\rho}\right)\frac{a\,\text{sen}\,\psi}{\rho} + 2a^2\,\text{sen}\,\psi\cos\psi\left(\frac{\cos\sigma}{\rho} + \frac{\text{sen}\,\sigma}{\tau}\right)^2 - \frac{2a^2\cos\psi\,\text{sen}\,\psi}{\tau^2},$$

$$\frac{\partial F}{\partial \psi} = -a\cos\sigma\,\text{sen}\,\psi,$$

sostituendo nella precedente, avremo

$$\text{s}\,\sigma\,\text{sen}\,\psi\,d\psi + \left\{\left(1 - \frac{a\cos\psi}{\rho}\right)\frac{a\cos\psi}{\rho} + a^2\,\text{sen}\,\psi\cos\psi\left(\frac{\cos\rho}{\rho} + \frac{\text{sen}\,\sigma}{\tau}\right)^2 - \frac{a^2\cos\psi\,\text{sen}\,\psi}{\tau^2}\right\}du = 0,$$

od anche, eseguendo calcoli e riduzioni elementari,

$$-\cos\sigma\,d\psi + \left\{\frac{1}{\rho} - a\cos\psi\left(\frac{\cos\sigma}{\tau} - \frac{\text{sen}\,\sigma}{\rho}\right)^2\right\}du = 0, \tag{11}$$

fra cui e la (10) eliminando il rapporto $\frac{d\psi}{du}$ otterremo un' eguaglianza, che dovrà essere soddisfatta qualunque sia ψ.

Per eseguire più semplicemente questa eliminazione, poniamo

$$M = \frac{\cos\sigma}{\tau} - \frac{\text{sen}\,\sigma}{\rho},\quad N = \frac{\cos\sigma}{\rho} + \frac{\text{sen}\,\sigma}{\tau} \tag{12}$$

e allora si avrà dalla (11)

$$\frac{d\psi}{du} = \frac{1}{\cos\sigma}\left(\frac{1}{\rho} - aM^2\cos\psi\right)$$

il qual valore sostituito nella (10), ove anche ad E, F, G, avuto riguardo alle (12), siano fatte le corrispondenti sostituzioni (9), ci si darà l' uguaglianza

$$(13)\quad a^2\left(\frac{1}{\rho} - aM^2\cos\psi\right)^2 + 2a\cos\sigma\left(\cos\sigma\cos\psi - aN\right)\left(\frac{1}{\rho} - aM^2\cos\psi\right) +$$
$$+ \left(\cos\sigma\cos\psi - aN\right)^2 - \left[\left(1 - \frac{a\cos\psi}{\rho}\right)^2 + a^2N^2\operatorname{sen}^2\psi + \frac{a^2\cos^2\psi}{\tau^2}\right]\operatorname{sen}^2\sigma = 0,$$

che dovrà dunque ridursi a un' identità.

Essa è evidentemente della forma

$$A\cos^2\psi + B\cos\psi + C = 0$$

ove A, B, C sono funzioni della sola variabile u; mentre la ψ, oltre di questa, lo è di una seconda e precisamente del parametro che fissa le diverse trajettorie considerate, e che non è altro che la costante arbitraria che figura nella ψ medesima, come soluzione dell' equazione differenziale (11). Ne segue che dovranno essere soddisfatte le tre eguaglianze

$$A = 0, \qquad B = 0, \qquad C = 0$$

ovvero, sostituendo a questi simboli i loro valori, quali risultano sviluppando ed ordinando la (13) rispetto a $\cos\psi$,

$$\begin{cases} a^4M^4 - 2A^2M^2\cos^2\sigma + \cos^2\sigma - \left(\dfrac{a^2}{\rho^2} - a^2N^2 + \dfrac{a^2}{\tau^2}\right)\operatorname{sen}^2\sigma = 0, \\ \left(a^2M^2 - 1\right)\left(N\cos\sigma - \dfrac{1}{\rho}\right) = 0, \\ \left(\dfrac{a}{\rho} - aN\cos\sigma\right)^2 - \operatorname{sen}^2\sigma = 0. \end{cases}$$

Ponendo in queste in luogo di N il suo valore (12) ed eseguendo facili riduzioni, esse si trasformano nelle altre

$$(14)\quad (a^2M^2 - 1)^2\cos^2\sigma = 0,\ (a^2M^2 - 1)\,M\operatorname{sen}\sigma = 0,\ (a^2M^2 - 1)\operatorname{sen}^2\sigma = 0,$$

da cui

$$a^2M^2 - 1 = 0,$$

ovvero per la prima delle (12)

$$\left(\frac{\cos\sigma}{\tau} - \frac{\operatorname{sen}\sigma}{\rho}\right)^2 - \frac{1}{a^2} = 0,$$

o finalmente

$$\frac{\cos\sigma}{\tau} - \frac{\operatorname{sen}\sigma}{\rho} + \frac{1}{a} = 0,$$

avendo omesso il doppio segno davanti ad $\frac{1}{a}$, potendovi l' un caso dedurre dall' altro cambiando σ in $\pi + \sigma$.

Abbiamo così ottenuta per la linea dei centri C della nostra superficie Σ l' equazione caratteristica (1) delle curve del *Bertrand*, e allora per il teorema del *Demartres* su riportato, anche tutte le trajettorie considerate saranno curve del *Bertrand* della stessa famiglia, che ∂ è per l' appunto quello che trattavasi di dimostrare.

SUL LIVELLO AD ACQUA

NOTA

DEL

Prof. FRANCESCO CAVANI

letta nella Sessione del 27 Aprile 1919.

L'uso dell'acqua come mezzo per individuare nello spazio una direzione orizzontale è antichissimo e lo si spiega facilmente essendo un mezzo dato dalla natura ed il più semplice che si possa immaginare.

Ne parla Vitruvio (1) descrivendo il *Corobate* regolo della lunghezza di 20 piedi, pari a m. 5,926, che si rendeva orizzontale, per servirsene da *livello*, con due fili a piombo quando l'atmosfera non era mossa dal vento; si rendeva invece orizzontale, quando c'era vento, riempendo d'acqua una vaschetta, lunga 5 piedi, ossia m. 1,482, larga un digito ossia m. 0,019 e alta un digito e mezzo ossia m. 0,028, posta di fianco al regolo e muovendo il sostegno di questo sino a che l'acqua lambisse tutto all'intorno gli orli della vaschetta ripiena.

Questo era il livello ad acqua dei Romani. Successivamente al Corobate fu sostituito il *livello ad acqua a canna dritta* formato da un tubo sostenuto convenientemente ad una data altezza e chiuso alle sue estremità, ma con due fori, di qualche centimetro di diametro, vicini alle estremità stesse, e rivolti verso l'alto. Si riempiva il tubo e se ne regolava la posizione finchè, a tubo ripieno, l'acqua salendo per i due fori arrivasse a lambirne egualmente gli orli. Così traguardando sulla faccia superiore del tubo si poteva individuare una linea orizzontale.

In seguito nei tempi moderni si trasformò anche questo livello per arrivare al *livello ad acqua a tubi comunicanti* che si usa oggigiorno.

Il livello a tubo o canna dritta segna quindi il passaggio fra il Corobate ed il livello a tubi comunicanti. Così negli autori che trattano di tali istrumenti si trova in antico descritto soltanto il Corobate, poi successivamente a questo si aggiunge il livello a canna dritta ed in seguito si abbandona il primo per sostituirlo col livello a tubi comunicanti e per trattare poi solo di questo negli autori moderni.

---

(1) Vitruvio — L'Architettura - Tradotta in italiano da Enrico Viviani. Udine, Fratelli Mattiuzzi, 1830.

Il livello ad acqua è quindi uno degli strumenti più antichi di Geometria pratica che si conoscano; ha resistito ai secoli e si usa pure oggigiorno modificato nella forma ma non nella sostanza.

Esso è uno istrumento di livellazione che ha dovuto cedere il posto ai livelli a bolla d'aria e cannocchiale in tutti i lavori di una certa importanza, ma che si mantiene ancora in uso nella pratica in operazioni di limitata estensione e che non abbisognano di molta precisione, per la sua grande semplicità, per il poco costo e per la facilità di servirsene così da essere alla portata di tutti ed anche di persone fornite di poca istruzione.

Questo livello è basato su d'un principio così elementare da non aver bisogno, in tesi generale, di teoria e bastando alcune regole speciali sul modo di costruirlo e di servirsene.

Studiandone però l'uso si deducono delle condizioni di esattezza, a cui deve soddisfare in certi casi particolari, le quali sono in generale trascurate dagli autori che trattano della livellazione, ma che possono condurre ad una teoria, sebbene molto semplice, del livello stesso. Questa teoria è spesso svolta con errori prodotti dal basarsi sopra una ipotesi che non è ammissibile o dal trascurare un elemento di cui si deve tenere conto.

Scopo di questa nota non è già quello di fare uno studio completo su quel livello e sul modo di servirsene, studio che sarebbe qui fuori di luogo, ma solo di far rilevare gli errori che spesso si riscontrano nella sua teoria ed esporre succintamente come questa debba essere svolta in modo esatto.

La correzione degli errori di cui si tratta ha una certa importanza dal lato teorico e scientifico dell'argomento, ma non in riguardo alle applicazioni pratiche, poichè si tratta di errori che possono produrre nelle operazioni di livellazione differenze sempre molto piccole e trascurabili in confronto agli errori che per altre cause si commettono nell'uso del livello ad acqua.

La forma schematica, e ben nota, del livello ad acqua a tubi comunicanti è quella della Fig.ª 1 nella quale $abb'a'$ e $cdd'c'$ sono i due bicchieri o vasi; AB è il tubo che li unisce, OC è l'asse di sostegno, ab e cd sono i diametri delle basi eguali alle sezioni rette dei due bicchieri cilindrici ed AC e BC sono le due braccia del livello.

Versata acqua nell'istrumento, questa si dispone internamente ai due bicchieri colle due faccie superiori allo stesso livello, così da dare modo di fissare nello spazio una linea orizzontale pq. Se questa linea orizzontale viene situata nel piano verticale determinato da due punti del terreno, essa serve senz'altro a dare la differenza di livello dei punti stessi.

Se si limita l'uso del livello ad acqua a questa semplice operazione nessun studio è necessario per esso, nessuna teoria si deve svolgere, nessuna norma si deve stabilire per la sua costruzione e per il suo uso, all'infuori di quelle che possono servire a meglio fissare e dirigere nella spazio la visuale orizzontale.

Il livello ad acqua appartiene così a quella categoria di istrumenti di livellazione che, con frase molto propria, si usavano chiamare in passato *livelli sopra una linea*, perchè servivano a dare in una determinata posizione una sola linea e non un piano orizzontale ad una data altezza.

La teoria del livello ad acqua nasce quando al tubo AB si vuol dare un movimento di rotazione in senso azimutale e si vuole ottenere che la linea pq in quella rotazione si mantenga o possa ritenersi che si mantenga sopra un piano orizzontale.

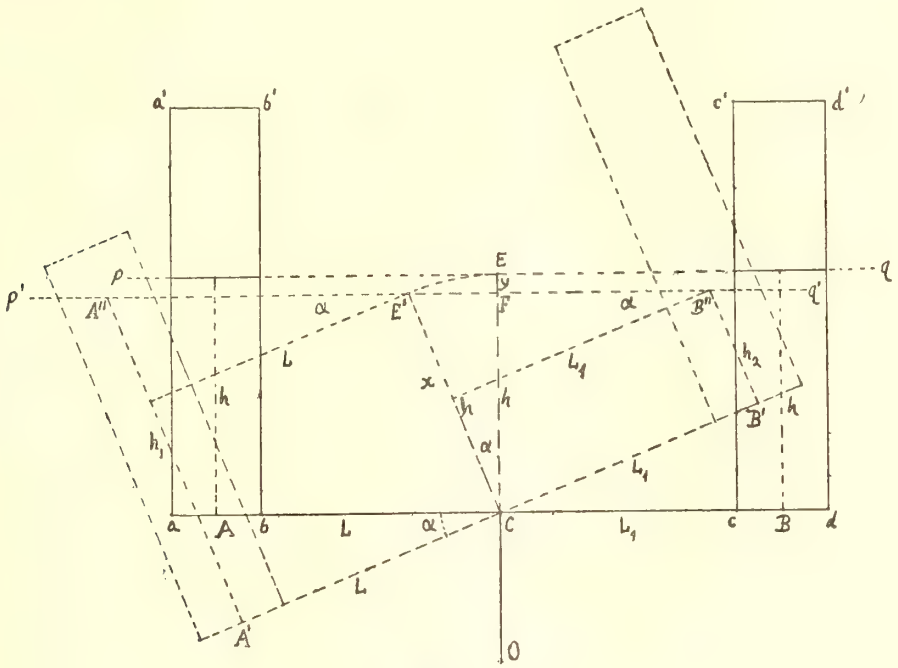


Fig. 1.

Il livello ad acqua passa allora nella categoria di quegli istrumenti di livellazione che in passato si usava chiamare *livelli sopra un piano.*

Conviene allora determinare teoricamente l' influenza delle varie parti del livello sulle posizioni che prende la linea pq nella rotazione suddetta, e le condizioni a cui il livello deve soddisfare perchè tali posizioni siano tutte sopra uno stesso piano orizzontale o le distanze verticali fra le linee stesse siano le minime possibili.

Le condizioni a cui il livello ad acqua deve soddisfare sono le seguenti :

che i diametri delle sezioni rette dei due bicchieri siano eguali

che le braccia AC e BC siano eguali

che l'asse del tubo AB si mantenga sempre, nella rotazione del livello, o orizzontale od inclinato all'orizzonte dello stesso angolo.

Molti autori si limitano ad una semplice descrizione di questo livello ed alla indicazione del suo uso; altri fanno un cenno incompleto delle condizioni suddette od espongono una teoria sbagliata in riguardo alle condizioni stesse e soltanto pochi svolgono la teoria esatta, sebbene alle volte non completa.

Il Durand-Claye (1) suppone di avere il tubo AB col suo asse in direzione orizzontale e la linea di livello in pq; dimostra che se il tubo si inclina in $A'B'$ di un angolo α alla orizzontale, la linea di livello pq non varia di posizione se i bicchieri hanno uguale diametro.

Egli ammette che gli assi dei bicchieri rimangano verticali e che l'altezza dell'acqua varii egualmente nei bicchieri stessi inalzandosi nell'uno ed abbassandosi nell'altro della stessa quantità x. Con tali premesse se D e D_1 sono i diametri delle sezioni dei due bicchieri ed h l'altezza della orizzontale pq sul punto C fisso, il volume d'acqua che passa da un bicchiere all'altro ha la doppia espressione

$$\frac{\pi D^2}{4}(h+x) = \frac{\pi D_1^2}{4}(h-x)$$

dalla quale si deduce evidentemente che se i bicchieri hanno eguale diametro sarà $x = 0$ e l'altezza di livello della pq non varierà.

La dimostrazione è giusta ma vi è una deficienza ed un errore nelle premesse.

Manca la condizione espressa che le due braccia AC e BC siano eguali perchè allora soltanto l'altezza dell'acqua potrebbe variare egualmente nei due bicchieri ad assi verticali. Tale condizione si può supporre tacita e dare luogo ad una ipotesi ammissibile.

Ma non è ammissibile l'altra ipotesi che inclinandosi il tubo AB alla orizzontale gli assi dei bicchieri rimangano verticali. E qui sta l'errore della teoria del Durand Claye.

Inclinandosi il tubo AB alla orizzontale di un angolo α, gli assi dei bicchieri e l'asse CE di rotazione e di simmetria dello strumento, si inclinano alla verticale dello stesso angolo α ed il livello pq dell'acqua *si abbassa anche se i bicchieri hanno eguale diametro e se le loro braccia sono eguali.*

Tutti i punti dello strumento, nella sua proiezione, descrivono archi di circolo di centro C che sottendono l'angolo α al centro stesso, ed il punto E supposto individuato nella sua posizione passa in E' e la linea di livello pq si abbassa in $p'q'$ della quantità

$$y = 2h \operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2} \ldots (1)$$

Ciò nell'ipotesi di diametri e di braccia eguali nei due bicchieri. Infatti supposti eguali i diametri dei due bicchieri e, supposta in $p'q'$ la nuova linea di livello dell'acqua, se si indicano con h_1 ed h_2 le altezze dell'acqua nei bicchieri stessi misurate lungo i loro assi inclinati alla verticale dell'angolo α, dovendo restare invariata la quantità d'acqua contenuta nei bicchieri si avrà

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

(1) Lever des plans et Nivellement par Ch-Léon Durand-Claye et André Pelletan et Charles Lallemand — Paris, Baudry et C. 1889.

Ma per le condizioni ammesse la $A'B'B''A''$ è un trapezio di cui le due altezze d'acqua h_1 ed h_2 sono le basi parallele e la CE' è la mediana così che si ha

$$CE' = \frac{h_1 + h_2}{2} = h$$

La nuova linea di livello $p'q'$ passa quindi per il punto E' in cui va a porsi il punto E nella sua rotazione e la linea stessa si abbassa della quantità y sopra determinata colla (1).

Un abbassamento diverso, variabile e che può anche cambiarsi in un inalzamento, si avrà se i diametri dei bicchieri non sono eguali, o se non sono eguali le braccia del livello. Il segmento CE passato in CE' per la rotazione, non coincide più colla mediana del trapezio sopra considerato. È evidente che se il bicchiere che si innalza ha diametro minore dell'altro, o braccio minore, il livello dell'acqua si abbassa maggiormente e viceversa succede nei casi contrari.

Il Bauerenfeind (1) svolge una teoria analoga a quella del Durand-Claye, ma però dichiara di trascurare l'inclinazione degli assi dei bicchieri dalla verticale, quando si inclina l'asse del tubo alla orizzontale.

Questa ipotesi non è teoricamente ammissibile per una questione di principio e di rigore scientifico. Se si trascura quella inclinazione a bicchieri di eguale diametro, e bisogna aggiungere di eguali braccia, per una inclinazione qualsiasi dell'asse del tubo all'orizzonte la linea di livello dell'acqua non si sposta; se si tiene conto di quella inclinazione anche per uno spostamento minimo dell'asse del tubo, la linea di livello si sposta.

Nel Salneuve (2) si trovano le stesse inesattezze. Egli dice che se l'asse di rotazione del livello è perfettamente verticale e il tubo esattamente orizzontale il movimento attorno all'asse di rotazione, mantenendosi invariate queste condizioni, non porta modificazioni e ciò è giusto qualunque si siano i diametri e le braccia dei bicchieri. Soggiunge poi che tali condizioni non sono sempre esattamente verificate, ossia non si mantengono sempre tali, ed allora dimostra come nella rotazione varii il livello dell'acqua se i bicchieri hanno diverso diametro. Ciò non è giusto poichè il livello varierà anche se i bicchieri hanno eguale diametro e se saranno eguali o diverse le loro braccia.

Altri Autori suppongono che la rotazione avvenga attorno all'asse CE inclinato alla verticale di un angolo α e dimostrano come in tale rotazione la linea di livello pq non cambi di altezza se i bicchieri hanno eguale diametro. La dimostrazione è difettosa poichè bisogna ammettere, e non lo dicono, che le braccia del livello siano di eguale lunghezza.

---

(1) Elemente der Vermessungskunde von Dr. Carl Max v. Bauerenfeind. Stuttgard verlag der IG Cotta'schen Buchhandlung, 1879.

(2) Salneuve I. F. — Cours de Topographie et de Géodesie — Paris - I Dumaine 1869.

Infatti facendo ruotare la figura schematica del livello ad acqua rappresentata dal trapezio $A'B'B''A''$ attorno alla mediana CE' del trapezio stesso, che è asse di simmetria dello strumento, non varia la lunghezza CE' sebbene varii l'altezza dell'acqua nei due bicchieri, misurata sempre lungo gli assi dei bicchieri stessi. Variano le altezze dell'acqua h_1 ed h_2 in modo da presentare fra loro la differenza massima quando l'asse del tubo $A'B'$ ha la inclinazione massima all'orizzonte, e da essere eguali quando l'asse stesso è orizzontale. La loro media aritmetica è sempre costante e si ha pur sempre

$$\frac{h_1 + h_2}{2} = CE'$$

cosicchè il punto E' non varia di posizione e non varia di altezza l'orizzontale $p'q'$ passante per esso.

Ciò non sarebbe evidentemente più vero se fossero diversi non solo i diametri dei due bicchieri, ma anche le due braccia del livello, poichè la CE' sull'asse di rotazione non sarebbe più sempre la mediana del trapezio che ha per basi le altezze h_1 ed h_2.

Nel caso ora considerato devesi ammettere che non varii l'angolo α di inclinazione dell'asse di rotazione CE' dalla verticale, ma tale ipotesi ben difficilmente si può verificare in pratica per il modo con cui sono costruiti i livelli ad acqua. L'asse CE' non è sostenuto altrochè nel punto C e non è possibile regolarne il movimento di rotazione in modo che l'angolo α non varii e neppure osservare se l'angolo stesso subisca variazioni.

Alcuni Autori, come l'Habets (1), ammettono la necessità che l'asse del tubo AB resti esattamente orizzontale nella sua rotazione e quindi gli assi dei bicchieri verticali, affinchè la linea di livello pq non varii di altezza. Ciò sta bene, ma poi aggiungono che i bicchieri abbiano eguale diametro, lo che non è necessario, se non in riguardo alla questione della capillarità, e non fanno cenno della eguaglianza delle braccia del livello, lo che però non è neppure necessario.

Altri Autori stranieri fanno cenno soltanto del livello ad acqua ed alcuni come il Sonnet (2) indicano giustamente le condizioni a cui esso deve soddisfare, senza svolgerne la teoria. Altri come il Duplessis (3) svolgono tale teoria senza prendere in considerazione la disuguaglianza delle braccia del livello.

Consimili osservazioni possono farsi su Autori italiani, ma fra questi ve ne sono alcuni che trattano giustamente della teoria del livello ad acqua e si possono citare fra gli antichi il Curioni (4) e fra i moderni il Pigozzi (5).

La teoria del livello ad acqua è molto semplice e bastano pochi cenni per svolgerla.

(1) Habets Alfred. Cours de Topographie - Paris, Librairée polytecnique Ch. Beranger, 1902.

(2) Sonnet H. Dictionnaire de mathematiques appliquès — Paris, Hachette, 1867.

(3) Duplessis j. Traité du nivellement. Paris, Librairée polytecnique, 1877.

(4) Curioni Giovanni — L'arte del fabbricare. - Operazioni topografiche. — Torino, Augusto Federico Negro, Editore, 1884.

(5) Pigozzi ing. G. — Topografia parte III^a, altimetria - Livorno, Raffaello Ginoti, Edit., 1911.

Basta prendere in esame le due posizioni del livello sin qui considerate, quella cioè dell' asse del tubo AB orizzontale e l' altra dell' asse stesso inclinato alla orizzontale dell' angolo α.

Richiamando le notazioni precedenti di D e D_1 per i diametri dei bicchieri, di h, h_1 ed h_2 per le altezze dell'acqua, misurate le due ultime sugli assi dei bicchieri inclinati di α dalla verticale e la prima sugli assi verticali, portandosi la linea di livello dell' acqua da pq in $p'q'$, e indicando con L ed L_1 le due braccia AC e BC si ha

$$h\,(D^2 + D_1^2) = h_1 D^2 + h_2 D_1^2 \ldots (2)$$

dovendo l' acqua essere la stessa nei due bicchieri, nelle due posizioni del livello.

Il punto E nella rotazione va in E' ad una distanza $E'C$ dal punto C, centro del movimento, che supponiamo incognita ed eguale ad x.

Si vede subito che

$$h_1 = x + L \operatorname{tang} \alpha$$

$$h_2 = x - L_1 \operatorname{tang} \alpha$$

Combinando queste equazioni colla (2) si ha

$$x = h - \frac{L D^2 - L_1 D_1^2}{D^2 + D_1^2} \operatorname{tang} \alpha$$

L' abbassamento $EF = y$ sarà dato da

$$y = h - x \cos \alpha$$

ossia da

$$y = 2h \operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{LD^2 - L_1 D_1^2}{D^2 + D_1^2} \operatorname{sen} \alpha \ldots (2)$$

che dimostra tutta la teoria del livello ad acqua.

Se i diametri dei bicchieri sono eguali fra loro l' abbassamento diventa

$$y = 2h \operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{L - L_1}{2} \operatorname{sen} \alpha \ldots (3)$$

indipendente dal diametro comune dei bicchieri.

Se le braccia sono eguali

$$y = 2h \operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2} + L \frac{D^2 - D_1^2}{D^2 + D_1^2} \operatorname{sen} \alpha \ldots (4)$$

che dimostra come in generale sia piccola l' influenza sull' abbassamento, della diversità di lunghezza delle braccia del livello.

Se i diametri dei bicchieri sono eguali fra loro ed eguali le braccia si ha

$$y = 2h \operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2}$$

ossia l' equazione (1) già trovata precedentemente e per la quale debbonsi ripetere le considerazioni già fatte.

Se le lunghezze delle braccia del livello sono in ragione inversa dei quadrati dei diametri dei bicchieri, la (2) dimostra che si ha pure l' abbassamento minimo della formula (1) ora trovata.

Le (2), (3) e (4) dimostrano come, a diametri diseguali ed a braccia diseguali, possa cambiare il segno del 2° termine del 2° membro delle equazioni stesse e sia quindi possibile invece di un abbassamento avere un inalzamento.

Restano così dimostrate le tre condizioni, indicate sin da principio, a cui il livello ad acqua deve soddisfare, per avere un abbassamento minimo nella linea di livello quando l' asse del tubo si inclini alla orizzontale di un dato angolo e per ottenere che, ruotando lo strumento, anche ad asse del tubo inclinato, la linea di livello dell' acqua si mantenga sempre sopra lo stesso piano orizzontale.

Le conclusioni a cui si arriva collo studio fatto sono le seguenti :

1.° Disposto l' asse, attorno al quale si suppone giri lo strumento, in direzione verticale, o in direzione inclinata alla verticale di un dato angolo, se si ammette che tale direzione non varii, la linea di livello dell' acqua nella rotazione dello strumento non si sposta purchè i bicchieri abbiano eguale diametro e le loro braccia siano pure eguali fra loro.

2.° Se l' asse di rotazione è in direzione verticale e quello del tubo di conseguenza in direzione orizzontale e se nella rotazione si sposta l' asse del tubo dalla direzione verticale, la linea di livello si abbassa anche se i bicchieri hanno eguale diametro e se le loro braccia sono eguali.

L'abbassamento è minimo, per una data inclinazione dell'asse, se i bicchieri hanno eguale diametro ed anche braccia eguali ; oppure se le lunghezze delle braccia sono in ragione inversa dei quadrati dei diametri dei bicchieri.

Se i bicchieri hanno diverso diametro o sono diverse le braccia, invece di un abbassamento si può avere un inalzamento.

3.° Non è possibile regolare la rotazione del livello in modo da essere certi che l'asse di rotazione si mantenga verticale o che la sua inclinazione dalla verticale non cambi.

SPIGOLATURE PALEONTOLOGICHE

MEMORIA

DEL

Prof. VITTORIO SIMONELLI

letta nella Sessione del 25 Maggio 1919.

Presento, raccolte in questa nota, sommarie indicazioni intorno a svariati, non dispregevoli avanzi di mammiferi fossili del neogene e del quaternario d'Italia, che son venuti di recente a far parte delle collezioni paleontologiche della nostra Università. Sommarie indicazioni, ho detto e ripeto: non descrizioni e illustrazioni definitive. Di queste rimetto l'incarico ai volonterosi che abbian più tempo, più comodi e più scienza di me. Il materiale di cui son per far cenno è a disposizione degli studiosi nel Museo Geologico G. Capellini e nel Gabinetto di Geologia applicata della nostra Scuola per gli Ingegneri.

Avanzi di Tasso del quaternario della Poderina in Val d' Orcia.

Fino a pochi anni addietro la strada nazionale Firenze-Roma (l'antica strada *romea*) valicava l'Orcia, al principio della stretta fra il casale della Poderina e la famosa stazione termale di Bagno Vignoni, sopra un magnifico ponte a un sol arco, costruito (si dice) sotto la direzione di Baldassarre Peruzzi (1). Crollato quel ponte monumentale fu necessario costruirne un altro più a monte, e, nel lavorare ai raccordi del ponte nuovo con la vecchia strada, si dovettero incidere profondamente i banchi di grossolanissima arenaria pliocenica, che forman la spalla sinistra della Valle dell'Orcia, sotto la Poderina. E si trovò che nei banchi si affondavano, prossime l'una all'altra, varie tasche profonde da 5 a 7 metri, larghe al massimo 3 o 4 metri, ripiene di una terra argillosa bruno-rossastra, commista a ciottoli d'alberese piccoli e grandi e ad ossami più o meno ben conservati. Nella parte più superficiale del deposito accumulato in queste tasche, le ossa erano quasi tutte di *Sus* e avevano l'aspetto di essere recentissime. Ma nelle parti più profonde si raccolse buon numero di crani, di denti

(1) F. Bargagli Petrucci — *Pienza, Montalcino, la Val d'Orcia senese.* Collez. di Monografie illustrate, Serie I; Italia artistica, 53. Bergamo, 1914

e di ossa lunghe di *Meles*, che dallo stato loro si potevan facilmente giudicare inumati da tempo remotissimo: dal tempo medesimo - probabilmente - in cui si formavano i primi banchi di travertino nel colle prospiciente di Bagno Vignoni.

Questi avanzi, rappresentanti in complesso almeno una diecina d'individui di tasso, tra piccoli e grandi, sono stati da me confrontati pazientemente con numerosi esemplari di *Meles meles*, di provenienza svariata, taluni attuali, altri raccolti in stazioni paleolitiche e neolitiche come Grotta di Golino presso Talamone (Provincia di Grosseto), Grotta di Maggiano presso Lucca, Grotta di Velo Veronese, Grotta all'Onda nelle Alpi Apuane, Ripoli nella Valle della Vibrata, Grotta del Pozzo della Schiena presso Portofino (1). Ma il solo risultato del mio paziente lavoro è stato questo: che nè per i caratteri morfologici, nè per quelli somatometrici, è possibile distinguere il tasso della Poderina (e gli altri tutti di cui ho avuto sott'occhio gli avanzi) dal *Meles meles meles* (2) ancor oggi vivente nell' Europa meridionale e centrale.

Chi volesse sottoporre nuovamente allo studio il materiale di cui ho fatto cenno, potrà trovarlo nel Museo Geologico Capellini, dove l' ho depositato.

Resto di rinoceronte trovato nel pliocene di Costa Marenga presso Salsomaggiore.

Dalle sabbie astiane del colle di Costa Marenga, tra Borgo San Donnino e Salsomaggiore (dalla stessa località dove parecchi anni addietro fu raccolta una bella mandibola di balenide che oggi si conserva nel Museo Geologico dell' Università di Parma) mi pervenne un notevole avanzo craniale di *Rhinoceros*, comprendente i nasali e parte dei frontali. Il rimanente del cranio che, quando fu scoperto, doveva essere intero e conservatissimo, andò frantumato e disperso per colpa dei vandali cui cadde in mano. Non ostante, anche questa miseranda reliquia è bastevole almeno per determinare di che specie di rinoceronte si tratti.

Il becco formato dalle ossa nasali presenta nella faccia superiore una gobba pronunziatissima, a superficie grossolanamente bernoccoluta come un cavolfiore, destinata evidentemente all' impostatura di un robustissimo corno. Ugualmente bernoccoluta è la superficie prossima ai margini laterali e quella che forma il declivio posteriore della gobba. Liscia è soltanto una stretta zona semilunare, che forma l'estremo anteriore del becco. Il becco stesso ha la sua massima larghezza press'a poco là dove termina l'area

---

(1) Per la comunicazione di questi materiali di confronto debbo vivi ringraziamenti al Chiar.mo Prof. Mochi dell'Istituto di Antropologia di Firenze, ai Colleghi Frassetto e Ghigi della nostra Università, al Prof. Bentivoglio di Modena, e al carissimo amico Sig. Bercigli, conservatore del Museo Geologico di Firenze.

(2) Gerrit E. Miller — Catalogue of the Mammals of Western Europe, in the Collection of the British Museum, 1912.

verrucosa: subito dietro si restringe notevolmente, per poi riallargarsi dove principiano i frontali. Anteriormente va restringendosi a grado a grado, finchè i suoi due lati, lievemente concavi, si raccordano col margine anteriore, che misura appena $^1/_4$ della larghezza offerta dal becco posteriormente. In quel che resta del tratto pertinente ai frontali si nota una seconda area fornita di bernoccoli e di verruche, più deboli assai di quelli offerti dalla gobba anteriore, ma certo destinati anche questi a reggere un secondo, più debole corno.

Inferiormente, malgrado le mutilazioni sofferte dall'esemplare, è chiarissima l'impostatura di un robusto setto nasale, che doveva finire press' a poco là dove cadrebbe una verticale abbassata dal margine posteriore dell' area verrucosa su cui doveva impostarsi il corno nasale.

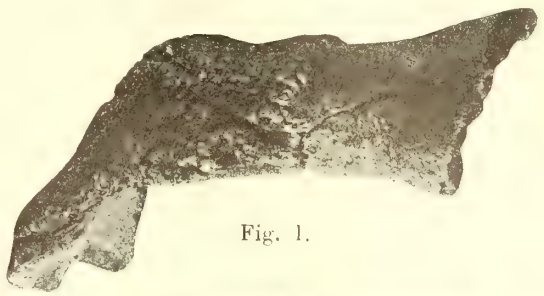


Fig. 1.

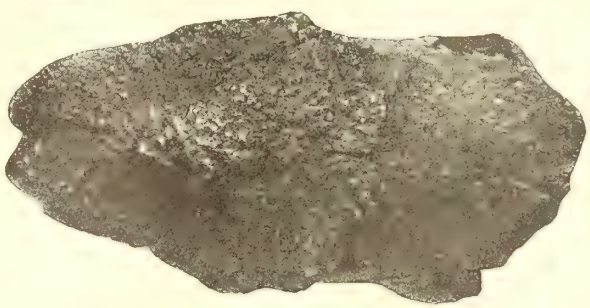


Fig. 2.

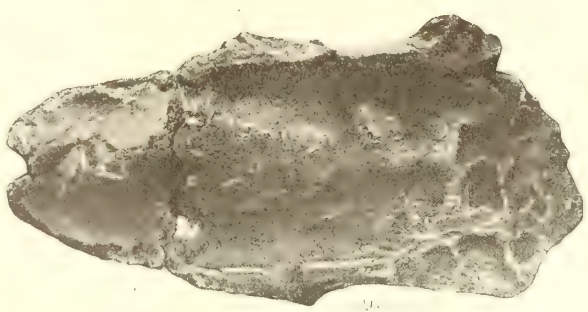


Fig. 3.

Nasali di *Rhinoceros etruscus* Falc.:

1: visti di profilo; 2: di sopra; 3: di sotto.

Basta quel che ho detto per giustificare il riferimento dell' avanzo trovato a Costa Marenga al *Rhinoceros etruscus* Falc. Collima esattamente col nostro esemplare quello del Museo di Leida figurato da E. Stromer von Reichenbach (1) e collima il modello di *R. etruscus* del Valdarno che ho potuto esaminare nel Museo Geologico Capellini. Poteva dubitarsi si trattasse invece del *Rh. Mercki* Jaeg., visto che avanzi di questa specie erano stati già segnalati come provenienti da località vicinissima a Costa Marenga (2). Ma basta il confronto del nostro fossile con le belle illustrazioni date dall' Ugolini (3) pei teschi di *Rh. Mercki* del Botro Maspino e del Ponte alla Nave in Val di Chiana, per indurci a rimaner nella prima opinione. Il becco del *Rh. Mercki* ha tutt'altro contorno e tutt'altro profilo. I margini dei nasali si mantengono quasi paralleli per un tratto di circa due terzi della loro lunghezza totale: solo verso il terzo anteriore cominciano a convergere, avvicinandosi gradatamente fino ad unirsi. Non vi

(1) *Ueber Rhinoceros reste in Museum zu Leiden.* - Leiden, 1899. Tav. I, fig. 1ª, e 1 b.

(2) Simonelli — I rinoceronti fossili del Museo di Parma. - *Palaeontologia Italica.* Vol. III, Pisa, 1897, pag. 116 e segg.

(3) *Il Rhinoceros Mercki* Iaeg. della Val di Chiana. Ann. delle Univ. Tosc. T. XXVI, Pisa, 1906.

è traccia del subitaneo, forte ristringimento che nell'esemplare nostro si nota in corrispondenza della terminazione dell'area verrucosa anteriore; e la gibbosità destinata a sostegno del corno nasale è assai meno pronunziata e assai meno grossolanamente bernoccoluta.

Denti di rinoceronte del pliocene di Cuna nel Senese.

Ebbi in dono dall'egregio amico Comm. Enrico Righi di Siena tre denti fossili che gli erano stati dati come raccolti nei colli prossimi a Cuna, fattoria posta circa 10 chilometri a S. E. di Siena, poco lungi dalla strada romana. Credo non errare designandoli come pm , m_1 e m_2 destri di *Rhinoceros*, divelti da una stessa mandibola. Il confronto col materiale copiosissimo radunato nel Museo Capellini mi ha persuaso trattarsi, anche questa volta, del *Rhinoceros* (*Coelodonta*) *etruscus* Falc., di cui la presenza era stata già segnalata in altre località del pliocene senese: a Fangonero (1) (dove accompagnava il *Chonezíphius planirostris* Cuv., il *Felsinoterium Gervaisi* Cap., e il *Sus provincialis* Gerv.) a S. Giovanni e nella galleria di Montarioso (2).

Dei tre denti, due soli sono completi: il pm_2 e il m_2. Di questi ultimi ecco qui le misure, prese alla base della corona.

		pm_2	m_2
Diametro antero-posteriore	mm.	29	46
» antero-trasverso	»	15	30
» postero-trasverso	»	17,7	28,7

Avanzi di mammiferi delle ligniti di monte Tiffi in Romagna.

L'unico resto di mammifero fino ad oggi segnalato — ch'io sappia — nei giacimenti del « Carbone di Romagna » è il frammento di mandibola di *Lutra* che lo Scarabelli (3) ebbe dalle argille verdastre fetide poste al tetto del banco lignitifero di Monte Gelli, presso Sogliano al Rubicone. Ma in questi ultimi tempi, grazie alla ripresa furibonda dei lavori minerari, qualche altro avanzo di mammifero è venuto fuori da quei giacimenti ed è capitato fra le mie mani. Si tratta di reliquie davvero miserrime, ma che pur convien segnalare, non foss'altro perchè dimostran la possibilità di ulteriori, più importanti scoperte.

A Monte Tiffi, località situata circa 6 chilometri a S. S. O. di Sogliano al Rubicone e 3 chilometri circa a S. E. di Montegelli, è in coltivazione un deposito non insignifi-

(1) Capellini — Del Zifioide fossile di Fangonero - Mem. d. R. Acc. d. Lincei, ser. IV, Vol. I, Roma, 1885.

(2) Simonelli — Dei recenti studi geologici e paleontologici sul territorio senese. - Bull. Senese di Storia Patria, anno I e II, pag. 60, Siena, 1795.

(3) Scarabelli — Descrizione della Carta geologica del versante settentrionale dell'Appennino, fra il Montone e la Foglia, pag. 85, Forlì, 1880.

cante di buona lignite, compreso fra strati di argille marnose cenerognole, gremite di gusci di *Dreissensia*, di *Terebralia palustris* (L.), di opercoli di *Bithinia*; strati che, d'accordo col Sacco, ritengo siano da attribuire, fino a prova in contrario, al Messiniano. Da quella miniera pervennero al Cav. Ing. Pietro Riboni, Capo del distretto minerario di Bologna, gli avanzi di cui ho fatto cenno: ed egli ebbe la cortesia di farne dono al Gabinetto di Geologia applicata della nostra Scuola per gli Ingegneri.

Consistono essi avanzi in un pezzetto di mandibola di un minuscolo ruminante, di cui finora non son riuscito a determinare nemmeno il genere, in due scheggie di denti che sono con certezza molari superiori di *Rhinoceros*, e in due frammenti d'ossa che pure appartengono a un rinoceronte.

In uno di questi frammenti si riconosce la metà esterna di un astragalo destro, nell'altro la porzione distale di un metacarpiano laterale.

Per arrischiarsi a determinazioni specifiche di esemplari siffatti, converrebbe avere ben altri mezzi di confronto che quelli oggi a mia disposizione. Mi contento dunque di utilizzarli unicamente per segnalare la presenza del genere *Rhinoceros* nella fauna delle ligniti di Romagna.

Mandibola di elefante del pliocene di città della Pieve.

Grazie alla cortesia del Sig. Angelo Carmignani, appassionato e colto raccoglitore di oggetti antichi e di curiosità naturali, son venuto in possesso di un avanzo di elefante, rinvenuto nel 1917 dentro le sabbie gialle plioceniche dei pressi di S. Litardo, lungo la strada che da Città della Pieve porta alla stazione ferroviaria di Chiusi. È un mozzicone, lungo circa 27 cm., di un ramo sinistro di mandibola, troncato anteriormente poco più in là dell'inizio della curva sinfisiaria. Vi permane in posto un molare abbastanza ben conservato, mutilo soltanto delle colline estreme, anteriori e posteriori. Le colline presenti sono in numero di sette, ed occupano complessivamente un tratto di circa 144 mm. sull'asse antero-posteriore della corona. Gli intervalli fra le colline sono notevolmente più larghi di quel che non sian larghe le colline stesse. La faccia triturante della corona presenta la sua massima larghezza (mm. 87) in corrispondenza della terza collina conservata: terza a contar dall'avanti all'indietro. L'osso dentro cui il molare è confitto, misura mm. 150 di massimo diametro trasversale e mm. 160 di massima altezza.

Credo di non sbagliare attribuendo questo avanzo all'*Elephas meridionalis* Nesti. Escludo si tratti del prossimissimo *E. antiquus* Falc., perchè in questo i molari hanno sempre colline più numerose e più fitte.

L'esemplare è depositato nel Gabinetto di Geologia applicata della Scuola per gl'Ingegneri di Bologna.

INTORNO ALL' ᾿ΙΡΙΣ ᾿ΙΛΛΥΡΙΚΉ DEI GRECI
O *IRIS ILLYRICA* DEI ROMANI

MEMORIA

DEL

PROF. ANTONIO BALDACCI

letta nella Sessione del 25 Maggio 1919.

Gli antichi naturalisti e medici tenevano in molta rinomanza alcune specie di Iridi dell' Illirio (che essi consideravano una specie sola), le quali servivano con i loro rizomi a profumare di viola un unguento che veniva principalmente preparato a Corinto ; più tardi queste piante entravano anche nell'uso della medicina. Le iridi degli antichi naturalisti sono quelle menzionate per primi da Nicandro (1) e Teofrasto (2) e si ritenevano distribuite tra la Narenta (Naro) e il Drino (Drilo); con Plinio (3) e Galeno (4) raggiunsero il più largo uso nella terapeutica e la loro fama si mantenne fino al Medio Evo. Le iridi si trovano infatti citate con una collocazione a parte nella *Γεωπόνικα* (5), ossia la « Res Rustica » più diffusa e più autorevole che viene attribuita all' epoca di Costantino Porfirogenito (6) e fa testo per quei tempi.

Il commercio dei rizomi di iride fu assai attivo nel mondo greco e romano e servì indubbiamente a sviluppare le relazioni di affari fra i paesi produttori e quelli di consumo. L' Illirio era nel commercio di gran lunga più avanzato di quanto la sua primitiva civiltà possa lasciare supporre. Già in epoca remotissima le navi liburniche (7) mantenevano vivi rapporti fra le sponde dell' Adriatico e il Mediterraneo e in particolar modo con la Grecia, intensificando i traffici con quell' arte della pirateria (la quale, alimentata dall' audacia e dal coraggio, fu sempre una delle caratteristiche anche dei popoli più evoluti) che è stata in ogni tempo uno dei mezzi più persuasivi per imporre la propria volontà (8). I porti della costa illirica erano i nidi di quelle navi leggiere e veloci che tutti i navigatori conoscevano e temevano. Da quei porti entravano nel retroterra, per le difficili e scarse arterie di traffico del paese barbaro, vini generosi e oli squisiti, tessuti, lavori metallici forbiti e scolpiti, armi temprate e stoviglie delle quali cose si occupavano specialmente i Greci. Pesce salato, alimenti di lunga durata e sale formavano anche oggetto di importazione, esportandosi, in cambio, per la Grecia, giumenti e schiavi, cera e miele e forse anche argento dalle miniere di

---

Questa Memoria fa parte della serie di studi che si dovevano svolgere, d' accordo con il Vice Ammiraglio E. Millo, durante la mia Missione di guerra presso il Comando Superiore Navale a Vallona (1916–1917).

Damastio (10). Con questi e con altri prodotti naturali che si scambiavano con particolare premura e che andavano acquistando sempre maggiore valore, quanto più provenivano dai paesi poco accessibili dell' interno, si raccoglievano, disseccavano e spedivano in grande quantità dagli indigeni le nostre peculiari specie di iride.

Spetta principalmente a Plinio la notizia a noi pervenuta dell' impiego dei rizomi di iride a Corinto (11). Che il principale mercato di questo e di altri profumi fosse Corinto, si può desumere dalla quantità straordinaria di vasetti per unguenti e oli profumati che venivano fabbricati e dipinti in quella città specialmente durante i secoli VII e VI a. Cr., e che, ripieni delle sostanze aromatiche, trovavano facile smercio in tutta la Grecia e fuori di essa. Di tali vasi Corinzi sono oltremodo ricche le necropoli delle colonie greche della Sicilia e delle città etrusche. In quei tempi in cui erano ancora scarse le relazioni commerciali fra l' Illirio e l' Italia, è probabile che i rizomi delle iridi in parola non avessero altro sbocco che in Grecia per l' uso specifico della profumeria. Non risulta, infatti, che l' iride venisse adoperato dentro le tombe degli antichi romani, mentre presso i Greci era frequente l' uso di tappezzare il fondo della fossa o della cassa mortuaria con un letto di erbe o di foglie, quali l' origano (12), i pampini di uva, l' olivo (di queste due ultime piante si ha notizie da scoperte archeologiche), felci (13), escludendosi che l' iride si sia mai adoperata per fare letto nelle tombe dei defunti, mentre si hanno documenti indiretti da cui si comprova che l' iride si dovesse coltivare sopra le tombe. Questo uso è anche oggi molto frequente presso gli Albanesi e principalmente presso quelli di religione musulmana (14). In tal modo, senza sapersene la ragione, l' iride era compagno dell' asfodelo, il quale, per le sue radici tuberizzate, doveva servire, nella mente degli antichi, come nutrimento per i morti (15).

Intorno alle iridi dell' Illirio hanno insistito per la distribuzione geografica tutti i naturalisti dell' antichità e della Rinascenza e specialmente Teofrasto (16) e Plinio (17) fra i primi; in quanto agli ultimi, i più recenti hanno seguito scrupolosamente gli anteriori.

Anguillara (18) sotto il titolo « Dell' Iride », scrive: « Lodò Nicandro la Iride dell' Illiria, et specialmente quella, che nasce tra il fiume Narone, e Drilone, de' quali hoggi questo è chiamato Drino, è quello Narenta. In que' luochi al presente la chiamano gli habitanti Macinaci con nome proprio di essa pianta. Ne vi pensate, ch' ella sia di figura differente dall' Italiana; perchè non è, ne altra diversità vi si conosce, se non che quella tanto nella mutatione della primavera come dell' autunno fiorisce ».

De Visiani (19) riferisce la *Iris illyrica* degli antichi all' *Iris germanica* L. Egli riporta le denominazioni dei botanici anteriori, che se ne occuparono tutti con grande copia di notizie:

1. *Iris dalmatica major* Lobel Ic. stirp. pag. 61.

2. *Iris dalmatica major* C. Bauh. Pin. pag. 31 — *Iris dalmatica major flore vulgaris minus violaceo* J. Bauh. Hist. pl. II, pag. 715.

3. *Iris dalmatica minus* Lob. Ic. stirp. p. 62. — *Iris dalmatica minor dilutior* J. Bauh. Hist. pl. II, pag. 716.

Questa terza venne ridescritta come specie a sè sotto il nome di *I. Clusiana* Tausch. In seguito, l'opinione del De Viviani cambia affatto a riguardo della *I. germanica*. Egli, diffatti (20), accetta l'*I. illyrica* Tomm. a cui riferisce l'*I. Clusiana* Tausch e l'*I. germanica* Rchb.; che indica di località della Croazia (non dalmate); ammette eziandio l'*I. pallida* Lam., ma non parla più di *I. germanica*.

Ascherson e Graebner (21) riferiscono l'*I. illyrica* Tomm. a forma o razza di *I. pallida* Lam. che, però, non indicano della Dalmazia, ma solo della Croazia; l'*I. Clusiana* Tausch è invece considerata forma di *I. aphylla* L.

Questo basterebbe a dimostrare che la questione dell'identificazione dell'*Iris illyrica* degli antichi è complessa e forse non si potrà risolvere con gli Erbari alla mano perchè sulle *Iris* disseccate non si può fare alcun serio assegnamento.

C. Fraas (22) mette in calce ad *I. florentina* = *Ἶρις* (*Ἰλλυρική*) Theophr. Hist. pl. VII, 12. — J. Billeberck (23), dopo *I. sambucina*, aggiunge: « Ist ohne Zweifel Plinii Illyrica *rhizomatos, subrufa*. Die hat den Geruck von *Sambucus*. Der Name von den abgeschnittenen Wurzeln, welche die Apotheker über Venedig erhalten ». Altre Iridi di Teofrasto e di Plinio sono riferite da questo autore e dal Fraas a *I. germanica*, *I. foetidissima*, *I. pseudoacorus* ed *I. sisyrinchium*.

J. B. du Molin (24) riporta con dotte elucubrazioni tutto ciò che poeti greci e latini hanno cantato sotto il nome di *Hyakinthos* e le riferisce non già al genere *Hyacinthus* di Linneo (come qualcuno avrebbe potuto fare perchè in molti luoghi di Grecia, come anche di altre regioni della Balcania, col nome col quale si nomina l'iride si intendono anche il giacinto, il gladiolo e altre piante), ma all'*I. germanica*.

F. Ferri Mancini (25) interpreta i passi di Teofrasto (1, 7, 2; 4, 5, 2) *I. florentina*, *I. germanica* (9, 7, 4) con *I. florentina* e *I. foetidissima*. Si vede che anche questo Autore non è molto sicuro a quale specie vada riferita la *Ἰλλυρική* di cui, del resto, non dà il colore del fiore e, quindi, non vedo come la cosa si possa risolvere decisamente, all'infuori dei criteri della distribuzione geografica.

A. O. Lenz (26) e Z. Murr (27) non precisano meglio le cose, nonostante le loro dotte investigazioni e discussioni. Non deve apparire pertanto strano che la questione sia tutt'altro che facile da risolversi, quando si ponga anche mente alle piante succedanee che finiscono per imbrogliare sempre più l'argomento. Valga l'esempio di Galeno, il quale, parlando dell'*Iris Illyrica*, dice che una pianta succedanea di essa era l'*Helenium odoratum* (28). Mentre la radice di *Iris illyrica* aveva grande uso (29) e tutti la ricercavano nelle officine, era tuttavia conosciuta anche un'iride della Libia (30). Nell'antichità si diceva: « Iris rufa melior quam candida » (31), la qual cosa lascia capire che o per il colore dei fiori o per quello dei rizomi, almeno due specie di *Iris* si contendevano il primato, e ciò senza considerare le specie di minor conto che, tutte, più o meno, dovevano andare confuse così a Roma, come in Grecia, sotto il nome comune di *Iris illyrica*.

Non diversamente che nell'antichità, anche oggi, in sostanza, le cose non hanno cambiato. Diverse sono le specie di *Iris* che vengono comunemente coltivate per i loro

rizomi e fra queste due principali, ossia *I. germanica* e *I. florentina*. I rizomi si raccolgono in agosto e si vendono intieri o in frammenti, in ritagli, in polvere, o in piccole pallottole riunite in corone, come sembra fosse uso nei tempi classici. Il loro impiego è bensì cambiato da allora ad oggi, non essendo rimasto a noi che nell'uso dell'arte del profumiere. Non sarebbe possibile identificare con i rizomi alcuna delle specie cui i rizomi stessi appartengono. Non è il caso di insistere per ottenere una risposta che non si può avere. L'argomento resta interessante per dimostrare che anche col commercio dei rizomi di iride si intensificarono i rapporti tra costa e costa dell'Adriatico e nonostante i tempi barbari, le relazioni si avvantaggiavano pure con le risorse e con i mezzi più insignificanti.

NOTE

(1) *Νάρδου τ' εὐστάχυς δραχμήιον ἄχθος ἑλέσθαι, | Σὺν δὲ καὶ ὀκταπόδην ποταμοῦ ἀποσυληθέντα | καρκίνον ἐνδρύψαιο νεοβδάλτοιο γάλακτος, | Ἶριν θ, ἣν ἔθρεψε Δρίλον καὶ Νάροντος ὄχθη, | Σιδονίου Κάδμοιο....*

Nic. *Ther.* 604-608.

..... Di spigoso
Nardo prendi una dose d'una dramma:
Ed insieme l'ottipede dal fiume
Predato granchio, trita in fresco latte;
E l'iri, cui nutrì Drilone, e ripa
Di Narone, la fede del Sidonio
Cadmo.....

Trad. *A. M. Salvini.*

(2) Theophr. *Hist. pl.*, *De odor.*, *De caus.* passim.

(3) Plin. *Hist. nat.* passim.

(4) Gal. XI: Iris illyrica radix. *Τῆς Ἰλλυρίδος ἴρεως ἡ ῥίζα.*

(5) *Γεωπόνικα.* Geoponicorum, sive de Re Rustica, Libri XX. Cassiano Basso Scholastico Collectore. Antea Constantino Porphyrogenito a quibusdam adscripti. L. XI, c. 21; « Iris Illyrica parva et tenuissima plantatur ex recentibus plantis Januario, usque ad Aprilem mensem », ossia: « *Τῆς Ἰλλυρικῆς ἴρεως ἡ βραχεῖα καὶ λεπτοτάτη φυτεύεται ἐκ προσφάτων φυτῶν Ἰανουαρίου, ἄχρις Ἀπριλλίου μηνός* ».

(6) Costantino Porfirogenito (905-959).

(7) App. *De rebus illyr.* III.

(8) I. M. Sestier; *La Piraterie dans l'antiquité.* Paris 1880.

(9) Dalla Narenta al Drino i porti principali che si incontravano dai tempi delle guerre illiriche fino a Diocleziano erano Narona, Epidaurum, Risinium, Butua, Ulcinium e Lissus.

(10) *Δαμάστιον το,* Damastion. *Ἀργυρεῖα τὰ ἐν Δαμαστίῳ*, nella descrizione dell'Epiro di Strab. VII, 8.

(11) Plin. *Hist nat. XIII*, 2. « Irinum Corinthi diu maxime placuit.... In primis malobathrum, postea iris Illyrici. — Irinum vale come la sostanza che dà l'iride. Cfr. anche Plin. l. c. ed. Lemaire.

(12) Aristot. Ecclesia. Z. v. 1030.

(13) Pellegrini: *Monumenti antichi.* Lincei, XIII, 1903, pag. 289 e seguenti.

(14) L'uso è frequente in tutta la regione albanese, ma principalmente si osserva nei cimiteri musulmani delle grandi città, come Scutari e Janina. Gli Albanesi Gheghi chiamano le iridi « bader » e i Toschi « shpatërë » (in taluni luoghi anche « vest rapit », specialmente le specie a fiori violacei), ma nessuno sa dire le ragioni della cultura di queste piante nelle tombe. Bosio *in litt.* — I Greci dell'Epiro conoscono l'*Iris* col nome di *κρίνος* e i Valacchi con quello di « bordigna », ma nè gli uni, nè gli altri fanno alcun uso dei rizomi. Gli slavi Adriatici chiamano l'Iride col nome di « mačinac » che impropriamente Anguillara e altri hanno ritenuto degli Albanesi. — Incolis Drilonis et Naronae hodie vocari (Iris Illyrica) Mačinac. Cfr. anche *Γεωπόνικα* in nota P. Needham A. M. VI, 8. Il nome « Macinac » è quindi giusto soltanto per la regione tra la Narenta fino alla spiaggia di Antivari. Del resto; » On le plante en Grèce sur les tombeaux,

peut-être à cause de son nom, en souvenir de la déesse Iris, qui était censée guider à leur séjour final les âmes, des femmes trépassées, ainsi qu' Hermès guidait les âmes des hommes. Virgile nous l' apprend, lorsqu' il décrit la mort de Didon. « Tunc Junio omnipotens, longum miserata laborem difficilesque obitus, Irim demisit Olympo, | quae luctantem animam nexosque resolverat artus ». Cfr. A. De Gubernatis: *La Mythologie des plantes*, Paris, 1882.

(15) Nella leggenda greca l' asfodelo è forse la pianta più famosa. Secondo Omero, esso ricopre la grande prateria, la dimora della morte. Era piantato sulle tombe ed è spesso connesso con Persefone che apparisce coronata con una ghirlanda di asfodelo. La sua connessione con la morte è dovuta senza dubbio al colore glauco delle sue foglie e a quello cereo dei suoi fiori che gli antichi paragonavano al pallore della morte. L' importanza nella leggenda è però data senza dubbio dai tuberi, che, contenendo sostanze alimentari, potevano apparire come magazzini di alimenti per le ombre dei morti.

(16) Theophr. Hist. pl. IV, 5, 2; IX, 7, 4: « *Τῶν δὲ εὐωδῶν οὐδὲν ἐν ταύταις πλὴν ἴρις ἐν τῇ Ἰλλυρίδι καὶ περὶ τὸν Ἀδρίαν. ταύτη γὰρ χρηστὴ καὶ πολὺ διαφέρουσα τῶν ἄλλων* ».

Id. IX, 7, 3: « *Ἐκ γὰρ αὐτῆς Εὐρώπης οὐδέν ἐστιν ἔξω τῆς ἴριδος* ». In questo stesso paragrafo, tornando sopra la distribuzione geografica della pianta, dice che la sua vera patria è l' Illirio

(17) Pl. *Hist. Nat.* XXI, 19. « Illa quoque non omittenda differentia est, et odoratorum multa nihil pertinere ad coronamenta, ut irim, atque saliuncam, quamquam nobilissimi odoris utramque. Sed iris radice tantum commendatur, unguentis et medicinae nascens. Laudatissima in Illyrico, et ibi quoque non in maritimis, sed in silvestribus Drilonis, et Naronae, proxima in Macedonia, longissima haec et candicans, et exilis. Tertium locum habet Africana, amplissima inter omnes, gustuque amarissima. Illyrica quoque duorum generum est: Raphanitis a similitudine, quae et melior, rhizotomos. Subrufa.... Caulem habet cubitalem, erectum; floret versicolori specie, sicut arcus coelestis, unde et nomen ».

(18) Anguillara: Semplici (1561), p. VI.

(19) De Visiani: Flora dalmatica I, p. 116.

(20) Idem: Flora dalmatica Supplementum alterum, 1877. pag. 53.

(21) Ascherson u. Graebner: Synopsis d. Mitteleurop Flora, III, pag. 487.

(22) C. Fraas: Synopsis plantarum florae classicae, München, 1845, pag. 293.

(23) I. Billeberck: Flora classica, Leipzig, 1824, pag. 15.

(24) J. B. Du Molin: Flore poétique ancienne, Paris, 1856, pag 76 e seguenti.

(25) F. Ferri Mancini in Teofrasto: La storia delle piante, Roma, 1901.

(26) A. O. Lenz: Botanik der alten Griechen und Römer, Gotha, 1859.

(27) J. Murr: Die Pflanzenwelt in der Griechischen Mythologie, Innsbruck, 1890.

(28) Cfr. Gal. ed. Kühn, XIX, pag. 731.

(29) Ibidem: XI, pag. 135 « Omnes itaque prodiderunt enim quidem esse laudatissimam quae in Illyricis nascitur ».

(30) Ibidem: pag. 59 « Nam si conferas eam quae ex Magna Lybia Romam copiosissima adfertur, tantam ab Illyrica abest quantum mortuus corpus a vivo ».

(31) Plin. l. c. XXI, 83.

LA TEORIA DEL TRIEDRO MOBILE IN RAPPORTO ALL'ANALISI VETTORIALE

NOTA

DEL

Prof. PIETRO BURGATTI

letta nella Sessione del 27 Aprile 1919.

In questa Nota mi propongo di far vedere in succinto come si possa adoperare utilmente l' analisi vettoriale nello studio di alcune questioni inerenti al triedro mobile e ai sistemi tripli ortogonali, che talvolta s' impiegano con successo nelle applicazioni della matematica alla meccanica. È un cenno di quanto ebbi a svolgere nell' introduzione alle mie lezioni sulla teoria della elasticità nell' anno decorso.

1. — Pensiamo collegato ad ogni punto P dello spazio euclideo finito od infinito una terna di vettori fondamentali $(\mathbf{i}\ \mathbf{j}\ \mathbf{k})$; ond' essi saranno funzioni di P. Dalle relazioni

$$\mathbf{i}^2 = 1 \qquad \mathbf{i} \times \mathbf{j} = 0 \qquad \text{ecc.}$$

si ricava per note formule

$$\begin{aligned} &\frac{1}{2}\operatorname{grad}(\mathbf{i}\times\mathbf{i}) = K\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{i} = 0, \quad K\frac{d\mathbf{j}}{dP}\mathbf{j} = 0, \quad K\frac{d\mathbf{k}}{dP}\mathbf{k} = 0 \\ (1)\qquad &\operatorname{grad}(\mathbf{i}\times\mathbf{k}) = K\frac{d\mathbf{j}}{dP}\mathbf{k} + K\frac{d\mathbf{k}}{dP}\mathbf{j} = 0, \ K\frac{d\mathbf{k}}{dP}\mathbf{i} + K\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{k} = 0, \ K\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{j} + K\frac{d\mathbf{j}}{dP}\mathbf{i} = 0. \end{aligned}$$

Introduciamo l' omografia

$$\sigma = \frac{1}{2}\left[\mathbf{i}\wedge\frac{d\mathbf{i}}{dP} + \mathbf{j}\wedge\frac{d\mathbf{j}}{dP} + \mathbf{k}\wedge\frac{d\mathbf{k}}{dP}\right].$$

Risulta, essendo $\mathbf{a}$ qualunque,

$$\begin{aligned} \mathbf{i}\wedge\sigma\mathbf{a} &= -\frac{1}{2}\left[\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a} - \left(\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a}\times\mathbf{i}\right)\mathbf{i} - \left(\frac{d\mathbf{j}}{dP}\mathbf{a}\times\mathbf{i}\right)\mathbf{j} - \left(\frac{d\mathbf{k}}{dP}\mathbf{a}\times\mathbf{i}\right)\mathbf{k}\right] \\ &= -\frac{1}{2}\left[\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a} + \left(\mathbf{a}\times K\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{i}\right)\mathbf{i} - \left(\mathbf{a}\times K\frac{d\mathbf{j}}{dP}\mathbf{i}\right)\mathbf{j} - \left(\mathbf{a}\times K\frac{d\mathbf{k}}{dP}\mathbf{i}\right)\mathbf{k}\right]; \end{aligned}$$

e per le (1)

$$\mathbf{i} \wedge \sigma\mathbf{a} = -\frac{1}{2}\left[\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a} + \left(\mathbf{a} \times K\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{j}\right)\mathbf{j} + \left(\mathbf{a} \times K\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{k}\right)\mathbf{k} + \left(\mathbf{i} \times \frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a}\right)\mathbf{i}\right]$$

$$= -\frac{1}{2}\left[\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a} + \left(\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a} \times \mathbf{j}\right)\mathbf{j} + \left(\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a} \times \mathbf{k}\right)\mathbf{k} + \left(\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a} \times \mathbf{i}\right)\mathbf{i}\right]$$

ossia

$$\mathbf{i} \wedge \sigma\mathbf{a} = -\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{a}.$$

Calcolando analogamente $\mathbf{j} \wedge \sigma\mathbf{a}$, $\mathbf{k} \wedge \sigma\mathbf{a}$, si ottengono le formule fondamentali

$$(2) \qquad \frac{d\mathbf{i}}{dP} = -\mathbf{i} \wedge \sigma, \quad \frac{d\mathbf{j}}{dP} = -\mathbf{j} \wedge \sigma, \quad \frac{d\mathbf{k}}{dP} = -\mathbf{k} \wedge \sigma,$$

dovute al Pensa (*).

Da queste si deduce facilmente

$$\operatorname{rot}\mathbf{i} = 2\,V\frac{d\mathbf{i}}{dP} = -2\,V(\mathbf{i} \wedge \sigma) = (\sigma - I_1\sigma)\,\mathbf{i}$$

$$(3) \qquad \operatorname{rot}\mathbf{j} = (\sigma - I_1\mathbf{j}\sigma)\,\mathbf{j}, \quad \operatorname{rot}\mathbf{k} = (\sigma - I_1\,\sigma)\,\mathbf{k}$$

$$\operatorname{div}\mathbf{i} = I_1\frac{d\mathbf{i}}{dP} = \mathbf{k} \times \sigma\,\mathbf{j} - \mathbf{j} \times \sigma\mathbf{k}, \quad \operatorname{div}\mathbf{j} = \mathbf{i} \times \sigma\mathbf{k} - \mathbf{k} \times \sigma\mathbf{i}, \quad \operatorname{div}\mathbf{k} = \mathbf{j} \times \sigma\mathbf{i} - \mathbf{i} \times \sigma\,\mathbf{j}$$

Inoltre

$$(3') \qquad \operatorname{rot}\mathbf{i} \times \mathbf{i} + \operatorname{rot}\mathbf{j} \times \mathbf{j} + \operatorname{rot}\mathbf{k} \times \mathbf{k} = -2\,I_1\sigma.$$

2. ***Significato cinematico di*** σ — Tracciamo per P una linea, il cui arco, contato a partire da una certa origine e in un dato senso, sarà indicato con s. Allora $\frac{dP}{ds} = \tau$ è il vettore unitario che definisce la tangente positiva in P alla detta linea. Applicando le (2) al vettore τ, si ha

$$\frac{d\mathbf{i}}{dP}\frac{dP}{ds} = \frac{d\mathbf{i}}{ds} = -\mathbf{i} \wedge \sigma\tau, \quad \frac{d\mathbf{j}}{ds} = -\mathbf{j} \wedge \sigma\tau, \quad \frac{d\mathbf{k}}{ds} = -\mathbf{k} \wedge \sigma\tau.$$

Se M è un punto rigidamente collegato con la terna $(\mathbf{i}\,\mathbf{j}\,\mathbf{k})$ avente l'origine in P, e se si fa muovere questa terna intorno a P per modo che diventi parallela all'analoga terna corrispondente al punto $P + dP$ $(dP = ds \cdot \tau)$ della linea (s); allora posto

$$M - P = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k},$$

si deduce, per le formule precedenti,

$$dM = xd\mathbf{i} + yd\mathbf{j} + zd\mathbf{k} = -(x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}) \wedge \sigma\,\tau \cdot ds = (P - M) \wedge \sigma\tau \cdot ds\,;$$

(*) Acc. Torino; Atti, Vol. 49, 1914, pag. 1010.

che è lo spostamento di M nel moto considerato. Ricordando note cose di cinematica, questa fa vedere che $\sigma\tau \cdot ds$ *definisce la rotazione infinitesima occorrente per rendere la terna* $(\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k})$ *relativa a* P *parallela a quella corrispondente a* $P + \tau ds$, *essendo, del resto,* τ *una direzione qualunque.* Perciò la σ può chiamarsi *l'omografia delle rotazioni.*

Considerando un dato punto P e una direzione qualunque definita dal vettore unitario $\mathbf{a}$, poniamo $\mathbf{a} = P - Q$ e

$$2\vec{\varphi}(Q) = \sigma(Q - P) \times (Q - P) = D\sigma(Q-P) \times (Q - P).$$

Allora, prendendo il gradiente (rispetto a Q) d' ambo i membri, si ottiene, per note formule (ricordando che $D\sigma$ non dipende da Q),

$$2 \operatorname{grad} \vec{\varphi} = D\sigma(Q-P) + D\sigma(Q - P)$$

ossia

$$\operatorname{grad} \vec{\varphi} = D\sigma\mathbf{a}.$$

D' altra parte

$$\sigma\mathbf{a} = D\sigma\mathbf{a} + V\sigma \wedge \mathbf{a};$$

per conseguenza

$$\sigma\mathbf{a} = \operatorname{grad} \vec{\varphi} + V\sigma \wedge \mathbf{a}.$$

Da questa e dalla considerazione dell' ellissoide $2\vec{\varphi} = D\sigma\mathbf{a} \times \mathbf{a} = 1$ risulta *che la rotazione* $\sigma\mathbf{a} \cdot ds$ *(occorrente per rendere il triedro* $(\mathbf{i}\ \mathbf{j}\ \mathbf{k})$ *relativo a* P *parallelo a quello corrispondente a* $P + \mathbf{a}ds$*) è la risultante di due rotazioni i cui vettori rappresentativi sono: uno parallelo alla normale al detto ellissoide nel punto* C, *ove è incontrato dalla retta per* P *parallela ad* $\mathbf{a}$, *ed uguale al gradiente di* $\vec{\varphi}$ *in quella direzione*; *l' altro uguale al momento rispetto a* Q *del vettore-applicato* $(P, V\sigma)$.

Inoltre, se poniamo $\sigma\tau = P - M$ e cerchiamo il luogo dei punti M, troviamo (posto che σ non sia degenere)

$$\tau = \sigma^{-1}(P - M)$$

e quindi

$$\sigma^{-1}(P - M) \times \sigma^{-1}(P - M) = 1;$$

la quale esprime che *il luogo degli estremi dei vettori* $\sigma\tau$ *(tirati per* P*) rappresentante le rotazioni è un' ellissoide.*

3. — Dalle (2) tenendo presente il significato cinematico di σ, si deducono come casi particolari le formule di Frenet relative alle curve e le formule fondamentali della geometria differenziale delle superficie che fanno riscontro a quelle di Frenet. Non credo superfluo accennare a tale deduzione. Supponiamo che il punto P considerato precedentemente percorra una linea (s), e che $\mathbf{i} = \mathbf{t}$, $\mathbf{j} = \mathbf{n}$, $\mathbf{k} = \mathbf{b}$ definiscano rispettivamente la tangente, la normale principale e la binormale alla curva in P. Allora, essendo $\mathbf{i} = \mathbf{t} = \dfrac{dP}{ds}$, si trae dalle (2)

$$\frac{d\mathbf{t}}{dP}\mathbf{t} = \frac{d\mathbf{t}}{ds} = \sigma\mathbf{t} \wedge \mathbf{t}, \quad \frac{d\mathbf{n}}{ds} = \sigma\mathbf{t} \wedge \mathbf{n}, \quad \frac{d\mathbf{b}}{ds} = \sigma\mathbf{t} \wedge \mathbf{b}.$$

Il vettore $\sigma\mathbf{t}$ definisce, per quanto fu detto, la rotazione infinitesima occorrente per rendere la terna principale relativa a P parallela a quella relativa a $P+dP$ ($dP=\mathbf{t}ds$). Orbene, introducendo le nozioni di curvatura e torsione, subito si vede che $\sigma\mathbf{t}\cdot ds$ è il risultante di due vettori che definiscono le rotazioni necessarie per far coincidere i due piani osculatori (in P e $P+dP$) prima, e le normali principali poi, con che le due terne (immaginate tirate entrambe da P) si sovrappongono. Dunque

$$\sigma\mathbf{t}=-\frac{1}{\tau}\mathbf{t}+\frac{1}{\rho}\mathbf{b},$$

ove $\frac{1}{\rho}$ e $\frac{1}{\tau}$ sono rispettivamente la curvatura e la torsione (positiva o negativa secondo che in P la curva è destrorsa o sinistrorsa). Si hanno così le formule di Frenet.

Parimenti, consideriamo una superficie S luogo dei punti P. Siano, in ogni punto, $\mathbf{i}$ e $\mathbf{j}$ i vettori unitari che definiscono le tangenti alle linee di curvatura nel senso dei loro parametri u e v; $\mathbf{k}$ quello che definisce la normale, in tal senso che la terna $(\mathbf{i}\,\mathbf{j}\,\mathbf{k})$ sia destrorsa.

Per le (2) avremo

$$\frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{i}=\sigma\mathbf{i}\wedge\mathbf{i} \qquad \frac{d\mathbf{i}}{dP}\mathbf{j}=\sigma\mathbf{j}\wedge\mathbf{i}$$

$$\frac{d\mathbf{j}}{dP}\mathbf{i}=\sigma\mathbf{i}\wedge\mathbf{j} \qquad \frac{d\mathbf{j}}{dP}\mathbf{j}=\sigma\mathbf{j}\wedge\mathbf{j}$$

$$\frac{d\mathbf{k}}{dP}\mathbf{i}=\sigma\mathbf{i}\wedge\mathbf{k} \qquad \frac{d\mathbf{k}}{dP}\mathbf{j}=\sigma\mathbf{j}\wedge\mathbf{k};$$

ove $\sigma\mathbf{i}$ e $\sigma\mathbf{j}$ definiscono, per quanto fu detto, le rotazioni occorrenti per rendere la terna $(\mathbf{i}\,\mathbf{j}\,\mathbf{k})$ relativa a P parallela a quelle relative al punto $P+dP$ situato rispettivamente sulle linee di curvatura $v=\text{cost}$ e $u=\text{cost}$.

Siano P e $P+dP$ due punti della linea $v=\text{cost}$. Ricordiamo che le normali alla superficie in questi due punti s' incontrano, e che la distanza di questo punto d' incontro da P è uno dei raggi di curvatura della S in P. Lo indicheremo con ρ_v. Rammentiamo inoltre che i piani tangenti nei detti punti P e $P+dP$ si tagliano lungo la tangente all' altra linea di curvatura, definita da $\mathbf{j}$: e che, facendo girare intorno a questa tangente l' un piano, onde vada a coincidere con l' altro, le tangenti in P e $P+dP$ alla linea $v=\text{cost}$ faranno tra loro un angolo $d\theta=\frac{1}{R}ds$, ove R è il raggio di curvatura dell' archetto ds della linea in considerazione, divenuto ora sul piano tangente in P. Questo R coincide con quello che si chiama il raggio della curvatura geodetica della curva $v=\text{cost}$ in P. Lo indicheremo con ρ_g.

Ora è facile vedere che la rotazione definita da $\sigma\mathbf{i}ds$ è la risultante di due: una che fa combaciare i due piani tangenti menzionati, l' altra che rende parallele le

tangenti in P e $P + dP$ dopo la coincidenza; talchè, per le cose dette di sopra, subito si deduce

$$\sigma \mathbf{i} = \frac{1}{\rho_v}\mathbf{j} + \frac{1}{\rho_g}\mathbf{k}.$$

In modo analogo si ottiene

$$\sigma \mathbf{j} = -\frac{1}{\rho_u}\mathbf{i} - \frac{1}{\rho_g}\mathbf{k}.$$

Le formule precedenti, con queste espressioni di $\sigma\mathbf{i}$ e $\sigma\mathbf{j}$, sono le formule fondamentali, corrispondenti a quelle di Frenet, della teoria delle superficie (*).

4. *Condizione a cui deve soddisfare una omografia* $\sigma(P)$ *affinchè sia l' omografia delle rotazioni d' una terna fondamentale* (i, j, k) *variabile con* P.

Ora si presenta la questione: data un' omografia σ funzione di P, esiste per ogni punto P una terna fondamentale $(\mathbf{i}\,\mathbf{j}\,\mathbf{k})$ soddisfacente alle (2)? *Si dimostra che tale terna esisterà tutte le volte che sia soddisfatta la condizione*

$$\text{Rot } K\sigma - \text{R}\,K\sigma = 0. \tag{4}$$

Infatti, l' esistenza delle (2) porta per conseguenza

$$\text{Rot}\,(K\sigma \cdot \mathbf{i} \wedge) = 0 \qquad \text{Rot}\,(K\sigma \cdot \mathbf{j} \wedge) = 0 \qquad \text{Rot}\,(K\sigma \cdot \mathbf{k} \wedge) = 0\,;$$

giacchè è sempre $\text{Rot}\,K\dfrac{du}{dP} = 0$.

Si deduce, per $\mathbf{a}$ qualunque e costante,

$$\text{rot}\,K\sigma\,(\mathbf{i} \wedge \mathbf{a}) = 0 \qquad \text{rot}\,K\sigma\,(\mathbf{j} \wedge \mathbf{a}) = 0 \qquad \text{rot}\,K\sigma\,(\mathbf{k} \wedge \mathbf{a}) = 0.$$

Consideriamo la prima. Sviluppando risulta

$$(\text{Rot}\,K\sigma)\,(\mathbf{i} \wedge \mathbf{a}) - 2V\left(K\sigma\,\frac{d\,(\mathbf{i} \wedge \mathbf{a})}{dP}\right) = 0. \tag{o}$$

Ma

$$\frac{d(\mathbf{i} \wedge \mathbf{a})}{dP} = -\,\mathbf{a} \wedge \frac{d\mathbf{i}}{dP} = \mathbf{a} \wedge \mathbf{i} \wedge \sigma\,;$$

e poichè in generale

$$\mathbf{a} \wedge (\mathbf{i} \wedge \sigma\mathbf{b}) = -\,(\mathbf{i} \wedge \sigma\mathbf{b}) \wedge \mathbf{a} = -\,(\mathbf{i} \times \mathbf{a})\,\sigma\mathbf{b} + (\sigma\mathbf{b} \times \mathbf{a})\,\mathbf{i}$$

risulta

$$\frac{d(\mathbf{i} \wedge \mathbf{a})}{dP} = -\Big(\mathbf{a} \times \mathbf{i} - \text{H}\,(\mathbf{a}, \mathbf{i})\Big)\sigma.$$

(*) Espresse mediante i coefficienti delle *forme fondamentali*, sono le formule indicate a pag. 94 della *Geometria differenziale* del Bianchi (1ª Ediz.).

Ne consegue

$$(e) \qquad K\sigma \frac{d(\mathbf{i} \wedge \mathbf{a})}{dP} = -(\mathbf{a} \times \mathbf{i})\, K\sigma \cdot \sigma + \mathrm{H}(K\sigma\mathbf{a}, K\sigma\mathbf{i});$$

perchè

$$K\sigma\, \mathrm{H}(\mathbf{a}_1\, \mathbf{i})\, \sigma\mathbf{b} = (\mathbf{a} \times \sigma\mathbf{b}) K\sigma\mathbf{i} = (K\sigma\mathbf{a} \times \mathbf{b})\, K\sigma\mathbf{i} = \mathrm{H}(K\sigma\mathbf{a}, K\sigma\mathbf{i})\, \mathbf{b}.$$

Allora due volte il vettore dell' omografia (e) è $K\sigma\mathbf{a} \wedge K\sigma\mathbf{i}$, ossia $RK\sigma\,(\mathbf{i} \wedge \mathbf{a})$. Dopo ciò la (o) diventa

$$(\mathrm{Rot}\, K\sigma - \mathrm{R}\, K\sigma)\,(\mathbf{i} \wedge \mathbf{a}) = 0;$$

valida scambiando $\mathbf{i}$ con $\mathbf{j}$ e con $\mathbf{k}$ e per $\mathbf{a}$ qualunque. Ne risulta dunque la (4), conformemente all' asserto.

5. ***Terne appartenenti a un sistema triplo ortogonale*** — Se le superficie $\varphi = u_1$, $\psi = u_2$, $\chi = u_3$, ove $u_1\ u_2\ u_3$ sono parametri variabili, costituiscono un sistema triplo ortogonale, le tangenti in P alle linee intersezioni di quelle superficie formano una terna ortogonale. Le direzioni positive delle tangenti saranno prese nel senso delle u crescenti, e saranno indicati con $\mathbf{i}\ \mathbf{j}\ \mathbf{k}$ rispettivamente i vettori unitari che le definiscono.

Poiche tali tangenti devono coincidere con le normali alle superficie, si avrà

$$(5) \qquad \mathrm{grad}\, u_1 = \frac{\mathbf{i}}{H_1} \qquad \mathrm{grad}\, u_2 = \frac{\mathbf{j}}{H_2} \qquad \mathrm{grad}\, u_3 = \frac{\mathbf{k}}{H_3},$$

essendo $H_1\ H_2\ H_3$ funzioni di P.

Ne consegue

$$dP \times \mathbf{i} = H_1\, \mathrm{grad}\, u_1 \times dP = H_1\, du_1 \text{ ecc.}$$

e quindi

$$dP^2 = (dP \times \mathbf{i})^2 + (dP \times \mathbf{j})^2 + (dP \times \mathbf{k})^2 = H_1^2 du_1^2 + H_2^2 du_2^2 + H_3^2 du_3^2,$$

che è l' espressione dell' *elemento lineare.*

Poichè $H_1 du_1$, $H_2 du_2$, $H_3 du_3$ sono le proiezioni di dP sopra $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$, si deduce, per una funzione qualunque φ di P,

$$\mathrm{grad}\, \varphi \times \mathbf{i} = \frac{1}{H_1} \frac{\partial \varphi}{\partial u_1} \quad \mathrm{grad}\, \varphi \times \mathbf{j} = \frac{1}{H_2} \frac{\partial \varphi}{\partial u_2} \quad \mathrm{grad}\, \varphi \times \mathbf{k} = \frac{1}{H_3} \frac{\partial \varphi}{\partial u_3};$$

e quindi, in generale

$$\mathrm{grad}\, \varphi = \frac{1}{H_1} \frac{\partial \varphi}{\partial u_1} \mathbf{i} + \frac{1}{H_2} \frac{\partial \varphi}{\partial u_2} \mathbf{j} + \frac{1}{H_3} \frac{\partial \varphi}{\partial u_3} \mathbf{k};$$

che è *l' espressione di* grad φ *in coordinate curvilinee ortogonali.*

Dalle (5) risulta

$$(6) \qquad \begin{aligned} \mathrm{rot}\, \mathbf{i} &= \mathrm{rot}\,(H_1\, \mathrm{grad}\, u_1) = \mathrm{grad}\, H_1 \wedge \mathrm{grad}\, u_1 = \frac{1}{H_1} \mathrm{grad}\, H_1 \wedge \mathbf{i} \\ \mathrm{rot}\, \mathbf{j} &= \frac{1}{H_2} \mathrm{grad}\, H_2 \times \mathbf{j} \qquad \mathrm{rot}\, \mathbf{k} = \frac{1}{H_3} \mathrm{grad}\, H_3 \wedge \mathbf{k} \end{aligned}$$

e quindi per la (3′) $I_1\sigma = 0$. Da questa e dalle (3) si ricava

$$(7) \qquad \sigma\mathbf{i} = \frac{1}{H_1}\operatorname{grad} H_1 \wedge \mathbf{i}, \quad \sigma\mathbf{j} = \frac{1}{H_2}\operatorname{grad} H_2 \wedge \mathbf{j}, \quad \sigma\mathbf{k} = \frac{1}{H_3}\operatorname{grad} H_3 \wedge \mathbf{k}$$

che definisce l' omografia delle rotazioni per le terne principali d' un sistema triplo ortogonale.

Da queste e dalle (3) si deduce

$$\operatorname{div}\mathbf{i} = \mathbf{k} \times \frac{1}{H_2}\operatorname{grad} H_2 \wedge \mathbf{j} - \mathbf{j} \times \frac{1}{H_3}\operatorname{grad} H_3 \wedge \mathbf{k} = \frac{1}{H_2}\operatorname{grad} H_2 \times \mathbf{i} + \frac{1}{H_3}\operatorname{grad} H_3 \times \mathbf{i}$$

ossia

$$\operatorname{div}\mathbf{i} = \frac{1}{H_1H_2H_3}\frac{\partial(H_2H_3)}{\partial u_1}, \quad \operatorname{div}\mathbf{j} = \frac{1}{H_1H_2H_2}\frac{\partial(H_1H_3)}{\partial u_2}, \quad \operatorname{div}\mathbf{k} = \frac{1}{H_1H_2H_3}\frac{\partial(H_2H_1)}{\partial u_3}.$$

Talchè, per un vettore qualunque

$$\mathbf{v} = v_1\mathbf{i} + v_2\mathbf{j} + v_3\mathbf{k}$$

funzione di P, si ha

$$\operatorname{div}\mathbf{v} = \frac{1}{H_1H_2H_3}\left[\frac{\partial(H_2H_3v_1)}{\partial u_1} + \frac{\partial(H_3H_1v_2)}{\partial u_2} + \frac{\partial(H_1H_2v_3)}{\partial u_3}\right];$$

che è *l' espressione della divergenza in coordinate curvilinee ortogonali.*

Combinandola con l' espressione di grad φ ; ossia, ponendo $\mathbf{v} = \operatorname{grad}\varphi$, si ha *l' espresssione del* $\Delta\varphi$ *in coordinate curvilinee ortogonali :*

$$\operatorname{div}\operatorname{grad}\varphi = \Delta\varphi = \frac{1}{H_1H_2H_3}\left[\frac{\partial}{\partial u_1}\left(\frac{H_2H_3}{H_1}\frac{\partial\varphi}{\partial u_1}\right) + \frac{\partial}{\partial u_2}\left(\frac{H_3H_1}{H_2}\frac{\partial\varphi}{\partial u_2}\right) + \frac{\partial}{\partial u_3}\left(\frac{H_1H_2}{H_3}\frac{\partial\varphi}{\partial u_3}\right)\right].$$

Ognuno vede quanto sia semplice ed elegante la deduzione di queste importanti formule, le quali si sogliono ottenere o direttamente mediante calcoli assai laboriosi, o indirettamente con artifizi estranei alla questione stessa.

Tralascio l' espressioni di rot $\mathbf{v}$ e di $\frac{d\mathbf{v}}{dP}$, che pure si deducono immediatamente.

Ci occorre enunciare esplicitamente il noto teorema : *le condizioni necessarie e sufficienti affinchè le terne* ($\mathbf{i}\ \mathbf{j}\ \mathbf{k}$) *sieno le terne principali d' un sistema triplo ortogonale sono :*

$$(8) \qquad \operatorname{rot}\mathbf{i} \times \mathbf{i} = 0 \qquad \operatorname{rot}\mathbf{j} \times \mathbf{j} = 0 \qquad \operatorname{rot}\mathbf{k} \times \mathbf{k} = 0.$$

Che sieno necessarie risulta manifestamente dalle (6). Per dimostrare la sufficienza, basta porre

$$\operatorname{rot}\mathbf{i} = \operatorname{grad} l \wedge \operatorname{grad} m\ ;$$

il che si può sempre fare, come è noto. Allora, essendo per ipotesi rot $\mathbf{i} \times \mathbf{i} = 0$, sarà $\mathbf{i} = h\operatorname{grad} l + k\operatorname{grad} m$, e quindi

$$\operatorname{rot}\mathbf{i} = \operatorname{grad} l \wedge \operatorname{grad} m = \operatorname{grad} h \wedge \operatorname{grad} l + \operatorname{grad} k \wedge \operatorname{grad} m.$$

Ne consegue

$$\operatorname{grad} h \times \operatorname{grad} l \wedge \operatorname{grad} m = 0 \qquad \operatorname{grad} k \times \operatorname{grad} l \wedge \operatorname{grad} m = 0,$$

le quali esprimono essere h e k funzioni di l e m. E allora, potendosi sempre determinare una funzione H di l e m tale che sia

$$\frac{h}{H} = \frac{\partial \psi}{\partial l} \qquad \frac{k}{H} = \frac{\partial \psi}{\partial m},$$

ne risulterà

$$\mathbf{i} = H\left(\frac{\partial \psi}{\partial l} \operatorname{grad} l + \frac{\partial \psi}{\partial m} \operatorname{grad} m\right) = H \operatorname{grad} \psi.$$

Cosí si vede che $\mathbf{i}\ \mathbf{j}\ \mathbf{k}$ dovranno avere la forma (5), che caratterizza appunto le terne principali appartenenti a un sistema triplo ortogonale.

Il lettore vedrà che il teorema di Dupin si deduce subito; ma su ciò non vogliamo insistere.

6. *Condizioni affinchè le direzioni unite d' una dilatazione propria $\gamma(P)$ formino in ogni punto la terna principale d' un sistema triplo ortogonale.*

Considerando le direzioni unite, supposte sempre distinte e non nulle, d' una dilatazione $\gamma(P)$, si viene a collegare ad ogni punto una terna fondamentale $(\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k})$. Può accadere che queste terne appartengano a un sistema triplo ortogonale? E quando ciò? Se $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ sono le direzioni unite di γ, sarà

$$\gamma\mathbf{i} = l\mathbf{i} \qquad \gamma\mathbf{j} = m\mathbf{j} \qquad \gamma\mathbf{k} = m\mathbf{k},$$

l, m, n essendo funzioni di P non nulle. Si ricava per note formule

$$\operatorname{rot} \gamma\mathbf{i} = \left(\operatorname{Rot} \gamma\right)\mathbf{i} + 2V\left(\gamma \frac{d\mathbf{i}}{dP}\right) = l \operatorname{rot} \mathbf{i} + \operatorname{grad} l \wedge \mathbf{i}$$

ed analoghe; per conseguenza le (8), esprimenti le condizioni affinchè le $(\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k})$ sieno le terne principali d' un sistema triplo ortogonale, diventano

$$\left(\operatorname{Rot} \gamma\right)\mathbf{i} \times \mathbf{i} + 2V\left(\gamma \frac{d\mathbf{i}}{dP}\right) \times \mathbf{i} = 0 \tag{9}$$

con le analoghe, cambiando $\mathbf{i}$ in $\mathbf{j}$ e $\mathbf{k}$.

Ora, per le (2),

$$\gamma \frac{d\mathbf{i}}{dP} = -\gamma \cdot \mathbf{i} \wedge \sigma = -I_1 \gamma \cdot \mathbf{i} \wedge \sigma + \gamma\mathbf{i} \wedge \sigma = (m + n) \frac{d\mathbf{i}}{dP} + \mathbf{i} \wedge \gamma\sigma \quad (*)$$

(*) Qui usiamo la formula

$$\gamma \cdot \mathbf{u} \wedge \sigma = I_1 \gamma \cdot \mathbf{u} \wedge \sigma - \mathbf{u} \wedge \gamma\sigma - \gamma\mathbf{u} \wedge \sigma \qquad (\gamma = \text{dil.})$$

che si deduce facilmente dalla formula [1] di pag. 36 dell' A : V. G, T. I., di Burali-Forti e Marcolongo.

perchè $I_1\,\gamma = l + m + n$. Ne consegue

$$2\,V\left(\gamma\frac{d\mathbf{i}}{dP}\right) = \left(m+n\right)\operatorname{rot}\mathbf{i} + \left(I_1(\gamma\sigma) - \gamma\sigma\right)\mathbf{i}$$

Ma

$$I_1(\gamma\sigma) = \gamma\sigma\mathbf{i}\times\mathbf{i} + \ldots\ldots = \sigma\mathbf{i}\times\gamma\mathbf{i} + \ldots\ldots = l\sigma\mathbf{i}\times\mathbf{i} + \ldots\ldots = 0$$

in virtù delle (7); così pure $\gamma\sigma\mathbf{i}\times\mathbf{i} = \sigma\mathbf{i}\times\gamma\mathbf{i} = l\sigma\mathbf{i}\times\mathbf{i} = 0$; onde risulta

$$2V\left(\gamma\frac{d\mathbf{i}}{dP}\right)\times\mathbf{i} = 0.$$

Dopo ciò le (9) si riducono a queste

(10) $\qquad (\operatorname{Rot}\gamma)\,\mathbf{i}\times\mathbf{i} = 0 \quad (\operatorname{Rot}\gamma)\,\mathbf{j}\times\mathbf{j} = 0 \quad (\operatorname{Rot}\gamma)\,\mathbf{k}\times\mathbf{k} = 0\,;$

e si può manifestamente cambiare Rot γ con $D\operatorname{Rot}\gamma$ (dilatazione). Per ottenere altre tre condizioni equivalenti a queste, ma in forma assoluta (cioè senza $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$), osserviamo che

$$\mathrm{R}\gamma\mathbf{i} = \frac{1}{l}\mathbf{i} \qquad \mathrm{R}\gamma\mathbf{j} = \frac{1}{m}\mathbf{j} \qquad \mathrm{R}\gamma\mathbf{k} = \frac{1}{n}\mathbf{k}$$

$$\gamma\,\mathbf{i} = l^2\mathbf{i} \qquad \gamma^2\mathbf{j} = m^2\mathbf{j} \qquad \gamma^2\mathbf{k} = n^2\mathbf{k}\,;$$

e allora, sommando le (10) moltiplicate ordinatamente una prima volta per l, m, n, una seconda per $\frac{1}{l}, \frac{1}{m}, \frac{1}{n}$ e infine per l^2, m^2, n^2, subito si ottengono le condizioni seguenti:

(11) $\qquad I_1(\gamma\cdot D\operatorname{Rot}\gamma) = 0 \qquad I_1(\mathrm{R}\gamma\cdot D\operatorname{Rot}\gamma) = 0 \qquad I_1(\gamma^2\cdot D\operatorname{Rot}\gamma) = 0\,;$

che rispondono alla questione proposta.

È noto che ogni deformazione infinitesima d' un corpo elastico è definita da una dilatazione $\gamma = D\frac{d\mathbf{s}}{dP}$ ($\mathbf{s}$ spostamento). Lamè credette che le terne formate dalle direzioni unite di γ appartenessero sempre a un sistema triplo ortogonale. Il Weingarten dimostrò invece essere necessario e sufficiente perchè ciò accada che γ soddisfi a certe condizioni, ch' Egli dedusse in forma cartesiana con calcoli eleganti, ma assai lunghi e artificiosi, e che sono equivalenti alle (11).

SOPRA LA DETERMINAZIONE DI UN' ELLISSOIDE LOCALE

NOTA

DEL

Prof. FEDERIGO GUARDUCCI

letta nella Sessione del 4 Maggio 1919.

I.

La superficie geoidica della Terra, intesa come una superficie di livello rispetto alla gravità e passante per un punto del livello medio del mare, si rappresenta, come è noto, approssimativamente con un' Ellissoide di rotazione avente il suo asse minore coincidente coll' asse di rotazione diurna ed i cui parametri (semiasse maggiore a ed eccentricità e) vennero determinati successivamente da Bessel, da Clarke, da Helmert e da altri in base al materiale di osservazione di cui ognuno di essi potè disporre. Se non che, tutti gli Ellissoidi così risultati, e che presero il nome di ellissoidi medi, se rappresentano abbastanza bene la Terra, *nel suo insieme*, non la rappresentano sufficientemente nelle singole regioni; in altri termini, gli scartamenti di questi Ellissoidi dalla superficie del Geoide in speciali località si rivelano assai più forti di quanto possiamo pretendere in relazione alla precisione delle odierne misure. Ciò fa sì che, quando vogliamo fare uno studio particolareggiato della superficie terrestre in una data regione, si adotta come forma provvisoria di riferimento, anzichè uno dei detti Ellissoidi medî, uno speciale Ellissoide più approssimato del quale si determinano *ad hoc* i parametri. Questo Ellissoide che così si viene a determinare prende il nome di *Ellissoide locale* ed i suoi parametri si ottengono, come è noto, ponendo fra loro in relazione le coordinate geografiche dei punti calcolate sopra un' Ellissoide qualunque (quello di Bessel, quello di Clarke o altro) colle analoghe coordinate astronomiche direttamente osservate. Se non che il procedimento che si segue ordinariamente in questa determinazione è assai laborioso e prolisso e mi sembra che possa notevolmente semplificarsi nel modo che vengo ad esporre.

II.

Supponiamo che di un certo numero di punti P_1 P_2... situati presso a poco lungo un medesimo meridiano o, almeno, non molto lontani da esso, siano state calcolate le coordinate geografiche ellissoidiche sopra un' Ellissoide medio, (p. e. quello di Bessel),

e indichiamo così con L_1 L_2... le latitudini e con ω_1 ω_2... le longitudini e con S_{12} S_{23} S_{34}... le distanze geodetiche fra due successivi di essi punti risultanti dalla triangolazione. Queste distanze hanno servito per calcolare successivamente le coordinate geografiche ellissoidiche dei detti punti per cui è evidente che, ricavandole *a posteriori*, dalle differenze di queste coordinate geografiche mediante le formole del così detto « *Problema inverso* », esse dovranno ritrovarsi identiche... Supponiamo ora che in ognuno dei punti P siano stati osservati astronomicamente le latitudini e un' azimut, ciò che equivale (pel Teorema di Laplace) ad avere di ogni punto la latitudine e la longitudine astronomiche che indicheremo respettivamente con λ e Ω; se ai punti P attribuiamo queste coordinate astronomiche invece delle ellissidiche L ed ω, le distanze S fra i punti, ricalcolate sopra tali differenze astronomiche risulteranno diverse da quelle geodetiche e, se vogliamo invece che esse rimangano le stesse, dovremo cambiare un poco l' Ellissoide su cui furono calcolate le coordinate ellissoidiche facendo variare leggermente i suoi parametri a ed e. Ricordiamo ora che, nel nostro scopo, si può adottare come sufficiente per la distanza fra due di questi punti in funzione delle loro coordinate geografiche la espressione:

$$(1) \qquad S = \sqrt{(\rho_o \Delta\lambda'' \operatorname{arc} 1'')^2 + (r_o \Delta\omega'' \operatorname{arc} 1'')^2}$$

ove ρ_o ed r_o sono respettivamente i raggi di curvatura del meridiano e del parallelo corrispondenti ad una latitudine λ_o data da

$$(2) \qquad \lambda_o = \lambda_m + \frac{e^2 \operatorname{arc} 1'' \operatorname{sen} \lambda_m \cos \lambda_m}{8} \overline{\Delta\omega''^2}$$

ove λ_m è la media delle latitudini ed e l' eccentricità Besseliana, e ρ_o ed r_o hanno, come è noto, le espressioni

$$(3) \qquad \rho_o = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda_o)^{3/2}} \qquad\qquad r_o = \frac{a \cos L_o}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda_o)^{1/2}}$$

Ponendo dunque nelle (1) e (2) per ΔL e $\Delta\omega$ gli analoghi valori astronomici $\Delta\lambda$ e $\Delta\Omega$ e indicando con ρ'_o, N'_o, e r'_o i valori (pochissimo differenti) che assumono ρ_o N_o ed r_o ponendo per L_o il nuovo valore λ_o, la S subirà una variazione δS ed avremo

$$(4) \qquad S + \delta S = \sqrt{(\rho'_o \Delta\lambda'' \operatorname{arc} 1'')^2 + (r'_o \Delta\Omega'' \operatorname{arc} 1'')^2} = S_1$$

e, se facciamo variare ρ'_o ed r'_o in modo da annullare la variazione δS per riportare così S_1 ad S, dovremo avere

$$\delta S = S_1 - S = \frac{dS_1}{d\rho'_o} \delta\rho'_o + \frac{dS_1}{dr'_o} \delta r'_o = \delta S_1$$

ovvero

$$(5) \qquad S_1 - S = \frac{\rho'_o \overline{\Delta\lambda}''^2 \overline{\text{arc } 1}''^2}{S_1} \delta\rho'_o + \frac{r'_o \overline{\Delta\Omega}''^2 \overline{\text{arc}1}''^2}{S_1} \delta r'_o$$

nella quale i valori di $\delta\rho'_o$ e $\delta r'_o$ dovranno essere ricavati dalle (3) in funzione di δa e di δe. Abbiamo così

$$\delta\rho'_o = \frac{d\rho'_o}{da}\delta a + 2\frac{d\rho'_o}{de^2}\, e\delta e = \frac{\rho'_o}{a}\delta a + \frac{2\rho'_o}{1-e^2}\left(\frac{3}{2}\frac{\rho'_o}{N'_o}\operatorname{sen}^2\lambda_o - 1\right) e\delta e$$

$$\delta r'_o = \frac{dr'_o}{da}\delta a + 2\frac{dr'_o}{de^2} e\delta e = \frac{r'_o}{a}\delta a + \frac{\rho'_o}{1-e^2}\cos\lambda_o \operatorname{sen}^2\lambda_o\, e\delta e$$

e sostituendo questi valori nella precedente (5) e ordinando rispetto a δa e δe si ottiene, avuto riguardo anche alla (1)

$$S_1 - S = \frac{\rho'_o}{a}\delta a + \frac{2\rho'^2_o\left(\frac{3}{2}\frac{\rho'_o}{N'_o}\operatorname{sen}^2\lambda_o - 1\right)\overline{\Delta L}''^2\,\overline{\text{arc } 1}''^2 + r'_o\rho'_o \operatorname{sen}^2\lambda_o\cos\lambda_o\,\overline{\Delta\Omega}''^2 \text{ arc } 1''^2}{(1-e^2)\,S_1} e\delta e$$

e, osservando che ρ_o è dello stesso ordine di grandezza di N_o e che trattandosi di coefficienti di quantità differenziali, potremo sostituire l' unità al posto di $\frac{\rho_o}{N_o}$ e N_o in luogo di ρ_o, ed essendo inoltre e^2 trascurabile di fronte alla unità nel denominatore del secondo termine, si ha (essendo $r'_o = N'_o \cos\lambda_o$)

$$S_1 - S = \frac{\rho'_o}{a}\delta a + \frac{2\rho'^2_o\left(\frac{3}{2}\operatorname{sen}^2\lambda_o - 1\right)\overline{\Delta\lambda}''^2\,\overline{\text{arc } 1}''^2 + r'^2_o \operatorname{sen}^2\lambda_o\,\overline{\Delta\Omega}''^2\,\overline{\text{arc } 1}''^2}{S_1} e\delta e$$

o anche

$$S_1 - S = \frac{S_1}{a}\delta a + \frac{\rho'^2_o \operatorname{sen}^2\lambda_o\,\overline{\Delta\lambda}''^2 \text{arc } \overline{1}''^2 + r'^2_o \operatorname{sen}^2\lambda_o\,\overline{\Delta\Omega}''^2 \text{arc } \overline{1}''^2 - 2\rho'^2_o \cos^2\lambda_o\,\overline{\Delta\lambda}''^2 \text{arc } \overline{1}''^2}{S_1} e\delta e$$

ovvero, avuto riguardo alle (4)

$$(6) \qquad S_1 - S = \frac{S'_o}{a}\delta a + \left[S_1 \operatorname{sen}^2\lambda_o - 2\frac{\rho'^2_o}{S_1}\cos^2\lambda_o\,\overline{\Delta\lambda}''^2 \text{arc } 1''^2\right] e\delta e$$

$$= \frac{S_1}{a}\delta a + S_1 \operatorname{sen}^2\lambda_o\left[1 - 2\frac{\rho'^2_o}{S_1^2}\operatorname{cotg}^2\lambda_o\,\overline{\Delta\lambda}''^2 \text{arc } \overline{1}''^2\right] e\delta e$$

e ponendo

$$\sqrt{2}\,\frac{\rho'_o}{S_1}\operatorname{cotg}\lambda_o\,\overline{\Delta\lambda}'' \text{ arc } 1'' = \operatorname{tang}\psi$$

avremo finalmente

$$(7) \qquad S_1 - S = \frac{S_1}{a}\,\delta a + S_1 \operatorname{sen}^2 \lambda_o \frac{\cos 2\psi}{\cos^2 \psi}\, e\delta e$$

la quale, indicando δa con x, δe con y, $S_1 - S$ con N e respettivamente con A e B i coefficienti di δa e di δe, prende la forma

$$Ax + By + N = 0$$

Questa espressione, applicata alle coppie formate da un punto e il suo successivo (o anche non successivo) degli n punti ci procura un numero $n - 1$ di condizioni, (di cui $n - 3$ sovrabbondanti), che trattate col metodo dei minimi quadrati ci dànno le correzioni da portare al semiasse maggiore e alla eccentricità dell' Ellissoide di Bessel che trasformano questo in un' Ellissoide che rappresenta il meglio possibile la superficie del Geoide nella regione considerata.

OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE DELL' ANNATA 1918

ESEGUITE E CALCOLATE

DALL' ASTRONOMO R. PIRAZZOLI

NELL' OSSERVATORIO DELLA R. UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

MEMORIA

DEL

Prof. MICHELE RAJNA

letta nell' adunanza del 25 Maggio 1919.

Avvertenze generali.

Le osservazioni meteorologiche eseguite ogni giorno alle ore 9, 15, 21 di tempo medio dell' Europa Centrale, secondo le prescrizioni del R. Ufficio centrale di Meteorologia e Geodinamica, servirono alla compilazione dei quadri che seguono.

Furono invece tralasciati i risultati dell' osservazione giornaliera delle ore 8, che serve pei telegrammi che si trasmettono al mattino a Roma (Ufficio centrale), a Venezia (Magistrato delle Acque) e a Padova (Osservatorio).

L' altezza barometrica è data da un barometro « Fortin », corretto dell' errore costante + mm. 0,46. Il pozzetto del barometro è collocato all' altezza di m. 83,8 sul livello del mare.

La temperatura dell' aria all' istante dell' osservazione si legge sul termometro asciutto del psicrometro, e i valori estremi sono indicati da termometri a massima e a minima. I termometri sono collocati sulla banchina della gabbia meteorica sporgente a nord della torre, a perfetta circolazione d' aria, il cui piano si trova all' altezza di m. 90,81 sul livello del mare.

Le precipitazioni si ottengono in millimetri e decimi di acqua mediante il pluviometro registratore di « Fuess », provvisto di un sistema di riscaldamento a immersione, che serve per ottenere la fusione della neve. Il pluviometro è posto nel punto più elevato della torre coll' apertura a m. 49,20 sul suolo e a m. 101,62 sul livello del mare.

La tensione del vapore acqueo e l' umidità relativa dell' aria sono determinate col psicrometro di « August » a ventilatore a palette.

La nebulosità del cielo si ottiene colla stima a occhio dei decimi di cielo coperti dalle nubi.

La provenienza del vento è stabilita dalla banderuola dell' anemoscopio, e la velocità oraria in chilometri si desume dalle indicazioni dell' anemometro a registrazione elettrica. La banderuola dell' anemoscopio e il mulinello a coppe dell' anemometro sono alla sommità della torre a m. 49,50 di altezza dal suolo.

L' evaporazione dell' acqua si misura ogni giorno alle ore 15 nell' evaporimetro posto nella gabbia meteorica.

A complemento e controllo delle osservazioni dirette si leggono le indicazioni dei diagrammi degli apparecchi registratori.

Riassunto dei quadri mensili.

Barometro.

La pressione atmosferica media dell' anno fu di mm. 755,5, cioè alquanto superiore al valore normale annuo, che è di mm. 754,6. I valori estremi, raggiunti entrambi nel mese di gennaio, furono rispettivamente, il minimo: mm. 737,9 nel giorno 8, e il massimo: mm. 772,9 il giorno 25; cosicchè l' intera escursione barometrica dell' anno, ossia differenza fra i due valori estremi, risultò di mm. 35,0 e fu percorsa nel breve periodo di 17 giorni. Rispetto ai valori medi mensili, l' andamento della pressione presentò poche irregolarità; le medie mensili più elevate furono quelle dei primi e degli ultimi mesi dell' anno; minori quelli dei mesi intermedi, e ciò quasi in perfetta uniformità coi corrispondenti valori normali.

Temperatura.

Il valore massimo della temperatura fu alquanto elevato, e superò non solo il valore massimo normale, ma anche tutti i massimi assoluti dei precedenti ultimi 15 anni, raggiungendo 36°,7 il giorno 18 luglio.

La temperatura minima —4°,6 osservata nel giorno 12 gennaio, fu, in valore assoluto, inferiore al minimo normale (—5°,1). Non per tanto la media temperatura dell' anno risultò di 13°,2, valore inferiore alla temperatura media annua normale (13°,4), e ciò, sia a cagione del ritardo delle temperature estive, sia a cagione del precoce sopraggiungere del clima invernale. I valori medi furono alquanto irregolari, a specialmente riuscirono inferiori ai corrispondenti valori normali, quelli di giugno e di novembre con 19°,7 e 6°,6 invece di 21°,6 e 8°,2 rispettivamente.

Precipitazioni.

I giorni con precipitazione furono in tutto 93, cioè 5 giorni di meno della frequenza normale annua delle precipitazioni; di questi, 83 giorni furono di sola pioggia; 3 di neve; 3 di pioggia e neve; 4 di pioggia e grandine. Inoltre vi furono altri 14 giorni in cui caddero gocce, o pioggiarelle incalcolabili, o fiocchetti di neve.

La quantità dell' acqua, dovuta alla pioggia, o alla neve e grandine fuse, fu di mm. 515,0, quantità notevolmente minore della normale annua, stabilita per Bologna dalle osservazioni pluviometriche di 100 anni, pari a mm. 663,8. Nei mesi di gennaio, febbraio e dicembre vi fu una eccezionale scarsità di precipitazione, e in generale durante l' anno non vi furono lunghi periodi di abbondanti pioggie, se si eccettuino aprile con mm. 90,0 in 19 giorni, e ottobre con mm. 127,1 in 15 giorni.

Della neve caddero solamente 9 centimetri in novembre.

Temporali.

I temporali che svolsero attività elettrica sopra la città, furono i seguenti:

1° Il 24 aprile fra le ore 11 e le 12, proveniente con moto rapido da sud, con tuoni radi, prolungati, piuttosto forti; vento moderato di libeccio e pioggia ordinaria; poscia sparito verso ponente.

2° Il 27 maggio fra le 12 e le 14, proveniente con moto lento da nord-ovest; debole attività elettrica; pioggia piuttosto forte con due riprese di maggiore intensità; vento moderato, da prima grecale, poscia maestrale; sparito quindi a nord-ovest.

3° Il 5 giugno fra le ore 18 e le 20, proveniente da nord-ovest con nubi dense, uniformi, di colore grigio fosco; poca attività elettrica; vento maestrale a colpi forti; pioggia violenta con parecchia grandine minuta come ceci; poi sparito verso levante.

4° Il 20 giugno fra le 15 e le 17, formato dalla fusione di due temporali provenienti, l' uno da sud-est, l' altro da sud-ovest, con nubi molto oscure a cumulo-nembi, con tuoni in generale prolungati, alcuni più forti a colpo secco di fulmine; lampi deboli a zig-zag e diffusi; poca pioggia; vento moderato di libeccio; sparito verso nord-est.

5° Il 23 giugno fra le 16 e le 18, proveniente da sud-ovest con tuoni e lampi generalmente deboli; poca pioggia ordinaria; vento libecciale forte; sparito a nord-est.

6° Il giorno 11 luglio fra le 15 e le 16, proveniente da sud-ovest con moto rapidissimo, si svolse improvvisamente con raffiche di vento impetuoso del quarto quadrante; breve e furioso acquazzone con parecchia grandine minuta; tuoni alquanto forti, alcuni a fragor secco di fulmine; sparito poscia verso nord-est.

7° Il 17 luglio fra le 13 e le 15, proveniente da sud-est con nubi di colore verdastro oscuro; scariche elettriche in generale debolissime, ad eccezione di un forte colpo di fulmine, preceduto da guizzo intensissimo di lampo; pioggia torrenziale di breve durata con pochi granelli di grandine; vento sciroccale a colpi impetuosi; sparito a levante.

8° Il giorno 8 settembre fra le 15 e le 17, proveniente da sud-ovest e diretto verso levante; debole attività elettrica; poca pioggia; vento moderato di libeccio.

9° Il 23 settembre fra 20 e le 22, proveniente da nord-ovest e sparito verso nord-est; attività elettrica piuttosto intensa di tuoni forti, alcuni a colpo secco, e di lampi frequenti a zig-zag; pioggia leggiera; vento moderato, da prima del primo quadrante, poi del secondo.

10° Il 24 settembre fra le 2 e le 5, proveniente da nord-est e sparito verso sud-est; tuoni radi, prolungati e forti; lampi frequenti, diffusi, intensi; breve acquazzone; vento debole o moderato del terzo quadrante.

11° Il 27 settembre fra le 13 e le 15, proveniente da sud e diretto a nord-est; tuoni forti, prolungati, radi; pioggia violentissima, torrenziale; vento debole, da prima meridionale, poi di tramontana.

Tensione del vapore acqueo e umidità relativa.

I valori medi mensili della tensione del vapore acqueo, o umidità assoluta dell' atmosfera, seguirono quasi uniformemente l' andamento dei corrispondenti valori medi della temperatura, cioè furono progressivamente crescenti da gennaio a luglio e quindi progressivamente decrescenti da luglio a dicembre, eccettuata la media di agosto che risultò inferiore alla media di settembre. La media generale dell' anno fu di mm. 8,3. Il massimo valore osservato fu di mm. 22,5 il 19 luglio; il minimo, di mm. 1,1 il 10 gennaio.

L' umidità relativa fu piuttosto alta, specialmente nei mesi di gennaio, febbraio, novembre e dicembre. In questi mesi il grado 100 di saturazione dell' aria fu registrato in 21 giorni, sebbene in questi stessi mesi si sia avuta la maggiore scarsità di precipitazioni acquee. Il grado minimo di umidità relativa fu 15, osservato il giorno 23 febbraio.

Provenienza e velocità del vento.

La direzione predominante del vento fu quella di ponente, osservata per 267 volte sulle 1095 osservazioni eseguite, e ciò in conformità colla frequenza ordinaria del vento dominante in Bologna: poi quella del terzo quadrante, 174 volte; poi del quarto quadrante, 141 volte. Le altre direzioni furono assai più rare, e cioè 85 volte del secondo quadrante; 57 di sud; 23 intorno a nord-est; 19 di nord, e in fine 10 sole volte di levante. Nelle rimanenti 319 osservazioni fatte non fu registrata alcuna direzione, poichè l' anemometro indicava la calma del vento.

La velocità media oraria dell' anno fu di Km. 6. I giorni con vento forte o quasi forte furono in tutto 51, irregolarmente distribuiti nei vari mesi dell' anno; più frequenti in agosto, settembre e giugno; nessun giorno con vento forte, o quasi forte, in gennaio, novembre e dicembre.

Nebulosità, nebbia e brina.

I giorni con cielo sereno furono 101, col maggior numero in agosto, che ne ebbe 17; in aprile invece non vi fu alcun giorno totalmente sereno. I giorni con cielo interamente coperto dalle nubi furono 75, colla maggior frequenza in dicembre, 16 giorni;

luglio invece non ebbe alcun giorno tutto coperto. Le giornate con cielo misto furono 189, abbastanza regolarmente distribuite nei vari mesi dell' anno.

La nebbia fitta sulla città fu osservata in 83 giorni, e quasi unicamente nei tre mesi di gennaio, novembre e dicembre, 22, 17 e 20 giorni rispettivamente. Non ne fu invece notata in alcun giorno nei tre mesi di maggio, giugno e agosto. Una sola volta in luglio, ed una sola in settembre.

La brina fu fenomeno abbastanza raro e di poca entità: 4 giorni nel mese di gennaio; 2 in febbraio; 1 in marzo; 5 in novembre e 3 in dicembre.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

Giorni del mese	**GENNAIO 1918** — Tempo medio dell'Europa centrale										**Precipitazione** pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	Barometro ridotto a 0° C.				Temperatura centigrada							
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h		
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	757, 5	756, 7	757, 1	757, 1	— 0, 1	0, 4	— 0, 1	2, 7	— 0, 6	0, 5		
2	756, 1	753, 6	752, 4	754, 0	— 0, 8	2, 2	0, 6	2, 7	— 0, 8	0, 4		
3	751, 6	751, 6	756, 2	753, 1	0, 0	0, 8	1, 6	1, 6	— 1, 0	0, 6		
4	763, 2	762, 7	763, 8	763, 2	— 0, 6	0, 8	— 1, 0	1, 6	— 1, 3	— 0, 3	incalc.	neve
5	763, 3	762, 9	763, 0	763, 1	— 1, 7	1, 6	— 0, 3	2, 0	— 3, 1	— 0, 8		
6	762, 5	759, 5	759, 1	760, 4	0, 0	4, 6	0, 1	5, 4	— 3, 5	0, 5		
7	754, 2	751, 0	747, 2	750, 8	— 0, 8	— 0, 4	— 0, 6	0, 1	— 2, 0	— 0, 8	0, 1	pioggia e neve
8	741, 4	737, 9	738, 9	739, 4	0, 1	0, 2	0, 4	0, 6	— 0, 9	0, 0	6, 2	pioggia e neve
9	746, 0	750, 8	757, 6	751, 5	0, 2	— 0, 6	— 1, 2	2, 3	— 1, 3	0, 0	incalc.	neve
10	759, 6	759, 8	760, 9	760, 1	— 1, 4	1, 8	— 0, 6	1, 9	— 1, 7	— 0, 4		
11	759, 0	757, 4	757, 1	757, 8	— 2, 7	— 0, 8	— 2, 0	0, 4	— 3, 9	— 2, 0		
12	757, 0	756, 7	756, 3	756, 7	— 4, 0	0, 4	— 1, 6	0, 8	— 4, 6	— 2, 4		
13	753, 5	752, 0	751, 2	752, 2	— 1, 8	1, 2	0, 3	1, 2	— 2, 4	— 0, 7		
14	754, 8	757, 0	760, 1	757, 3	0, 5	— 0, 4	0, 4	1, 9	— 0, 6	0, 6		
15	763, 0	763, 0	763, 4	763, 1	— 0, 8	0, 0	0, 4	1, 1	— 1, 8	— 0, 3		
16	762, 6	760, 3	760, 3	761, 1	0, 9	2, 6	1, 3	3, 4	— 0, 3	1, 3		
17	762, 5	763, 0	763, 0	762, 8	— 0, 7	4, 8	3, 8	4, 9	— 1, 0	1, 8		
18	763, 4	761, 6	761, 6	762, 2	3, 3	6, 0	4, 3	6, 2	2, 8	4, 2		
19	761, 8	761, 6	762, 0	761, 8	3, 9	5, 2	4, 8	5, 2	3, 0	4, 2		
20	762, 1	761, 8	762, 1	762, 0	2, 8	3, 6	3, 4	4, 8	2, 8	3, 4		
21	760, 7	759, 5	759, 5	759, 9	3, 2	4, 5	3, 6	4, 4	2, 9	3, 5	incalc.	pioggia
22	760, 0	759, 4	760, 2	759, 9	4, 2	5, 4	5, 3	5, 8	3, 6	4, 7		
23	762, 6	764, 2	767, 3	764, 7	5, 0	5, 8	5, 7	6, 3	5, 0	5, 5		
24	769, 2	769, 5	770, 8	769, 8	6, 4	7, 0	6, 0	7, 4	4, 7	6, 1		
25	772, 9	771, 8	771, 9	772, 2	5, 3	6, 4	5, 0	6, 8	5, 0	5, 5		
26	771, 4	770, 1	770, 3	770, 6	0, 5	4, 0	2, 5	5, 4	0, 4	2, 2		
27	769, 8	768, 7	768, 9	769, 1	0, 2	6, 8	2, 4	7, 2	— 0, 6	2, 3		
28	767, 8	76,7 0	767, 1	767, 3	5, 4	10, 0	7, 4	10, 3	1, 8	6, 2		
29	766, 6	76,5 6	765, 7	766, 0	6, 1	10, 2	7, 0	10, 3	3, 8	6, 8		
30	765, 8	76,4 7	765, 5	765, 3	3, 8	9, 0	4, 0	9, 3	1, 6	4, 7		
31	767, 2	767, 1	767, 8	767, 4	— 2, 1	0, 6	1, 1	4, 6	— 3, 0	0, 2		
	760, 9	760, 3	760, 9	760, 7	1, 1	3, 3	2, 1	4, 1	0, 1	1, 9	6, 3	

Altezza barometrica massima 772,9 (mm) g. 25 — Temperatura massima 10,3 (°) g. 28, 29
» » minima 737, 9 » 8 — » minima — 4, 6 » 12
» » media 760, 7 — » media 1, 9

Nebbia nei giorni 1, 2, 3, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31.
Brina nei giorni 1, 7, 28, 31.
Ghiaccio nei giorni 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 27, 31.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83^{m}, 8)

GENNAIO 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilom. all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9^{h}	15^{h}	21^{h}	Media	9^{h}	15^{h}	21^{h}	Media	9^{h}	15^{h}	21^{h}	9^{h}	15^{h}	21^{h}		mm
1	4,5	4,6	4,5	4,5	100	96	100	99	10	10	10	NW	?	W	2	0,4
2	4,3	4,8	4,8	4,6	100	89	100	96	10	5	10	NW	W	NW	2	0,0
3	4,6	4,7	4,8	4,7	100	96	93	96	10	10	10	N	W	E	2	0,4
4	2,4	3,2	2,1	2,6	55	64	49	56	0	0	0	NE	N	NW	5	1,0
5	1,7	3,6	2,9	2,7	42	71	64	59	0	0	0	SW	?	SW	1	0,6
6	3,1	4,5	3,8	3,8	67	71	81	73	0	0	6	S	W	?	1	0,7
7	3,8	4,1	4,1	4,0	86	92	92	91	0	10	10	?	?	?	0	0,2
8	4,5	3,8	4,2	4,2	98	81	89	89	10	10	5	?	W	NW	1	0,8
9	3,9	4,1	1,3	3,1	83	92	31	69	8	10	4	NW	?	SW	9	0,2
10	1,1	3,5	2,5	2,4	28	67	57	51	2	0	0	W	W	W	8	1,0
11	2,0	4,2	3,0	3,1	53	96	77	75	0	0	0	SE	?	?	1	0,8
12	1,7	3,9	3,3	3,0	50	81	79	70	0	0	10	?	?	?	1	0,5
13	3,0	3,9	4,2	3,7	73	78	89	80	10	8	10	W	W	?	1	0,4
14	4,6	4,5	4,3	4,5	96	100	91	96	8	10	10	NW	W	?	1	0,8
15	4,3	4,2	4,6	4,4	100	93	96	96	10	10	10	?	W	W	1	0,4
16	4,6	4,8	4,6	4,7	94	86	91	90	2	10	10	?	?	W	0	0,5
17	3,9	5,4	5,4	4,9	90	84	90	88	10	5	5	W	?	?	2	1,2
18	5,1	5,9	5,7	5,6	88	85	92	88	0	10	10	?	?	?	0	0,2
19	6,0	6,2	6,1	6,1	98	94	95	96	10	10	10	W	W	W	1	0,5
20	5,8	5,7	5,8	5,7	100	97	100	99	10	10	10	?	?	?	1	0,4
21	5,6	5,7	5,9	5,8	100	93	100	98	10	10	10	NW	?	W	1	0,2
22	6,2	6,5	6,6	6,4	100	97	98	98	10	10	10	W	W	?	2	0,2
23	6,5	6,3	6,1	6,3	100	91	89	95	10	10	10	?	W	NW	2	0,9
24	6,6	6,4	6,4	6,5	91	85	91	89	0	5	10	W	W	?	1	0,9
25	6,6	5,9	6,1	6,2	98	82	94	91	10	10	8	NW	NW	W	2	0,6
26	4,7	5,9	5,5	5,4	98	87	100	98	0	5	10	NW	W	NW	5	0,7
27	4,5	5,9	5,2	5,2	96	79	95	90	0	0	0	?	W	?	1	0,4
28	4,6	5,0	4,9	4,8	69	55	63	62	0	0	0	W	W	?	4	1,6
29	4,0	5,1	5,4	4,8	57	55	74	62	0	0	0	?	?	?	0	1,5
30	4,2	5,6	4,5	4,8	70	66	74	70	0	0	0	?	?	?	0	1,1
31	3,8	4,1	4,9	4,3	98	85	98	94	10	10	10	?	?	?	0	0,4
	4,3	4,9	4,6	4,6	83	84	85	84	5	6	7				2	0,6

Tens. del vapor acq. mass. 6,6 mm g. 22, 24, 25
» » » » min. 1,1 » 10
» » » » med. 4,6
Umid. relat. mass. 100 g. 1, 2, 3, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 26.
» » min. 28 » 10
» » media 84

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2	1	1	1	1	3	29	13

Media nebulosità nel mese in decimi: 6

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

FEBBRAIO 1918 — Tempo medio dell'Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	769, 1	768, 6	769, 1	768, 9	— 1, 4	4, 0	— 1, 1	4, 4	— 1, 4	0, 1		
2	769, 3	768, 6	768, 5	768, 8	— 1, 0	5, 2	3, 4	5, 3	— 3, 3	1, 1		
3	767, 9	765, 1	765, 4	766, 1	0, 8	7, 0	4, 4	7, 2	— 1, 8	2, 6		
4	764, 2	762, 6	762, 9	763, 2	2, 5	7, 8	5, 0	8, 0	1, 5	4, 2		
5	762, 6	761, 8	762, 4	762, 3	3, 6	9, 0	5, 3	9, 3	2, 9	5, 3		
6	763, 6	762, 9	763, 5	763, 3	4, 1	9, 2	5, 6	9, 4	2, 1	5, 3		
7	763, 6	762, 4	761, 6	752, 5	4, 0	10, 4	7, 9	11, 3	3, 1	6, 6		
8	761, 4	759, 9	761, 3	760, 9	4, 0	10, 4	8, 0	10, 6	2, 7	6, 3		
9	761, 6	761, 4	763, 4	762, 1	5, 4	10, 4	8, 2	11, 1	5, 2	7, 5		
10	767, 4	766, 7	767, 8	767, 3	7, 0	12, 2	9, 0	12, 3	5, 0	8, 3		
11	767, 9	766, 1	766, 1	766, 7	6, 6	11, 8	7, 2	12, 8	6, 1	8, 2		
12	765, 8	764, 0	764, 5	764, 8	— 0, 8	7, 2	3, 8	8, 2	— 2, 6	2, 2		
13	763, 1	761, 4	760, 3	761, 6	1, 1	3, 2	3, 6	3, 8	0, 9	2, 4		
14	757, 6	756, 5	756, 5	756, 9	3, 6	6, 4	6, 0	7, 0	3, 0	4, 9		
15	756, 6	757, 1	759, 9	757, 9	4, 6	4, 0	0, 6	6, 2	0, 6	3, 0	1, 0	pioggia neve
16	758, 2	756, 6	757, 5	757, 4	— 2, 0	0, 4	0, 0	0, 6	— 3, 6	— 1, 2	incalc.	neve
17	756, 4	756, 4	758, 0	756, 9	— 1, 7	2, 0	0, 2	2, 3	— 2, 2	— 0, 4	incalc.	neve
18	757, 9	756, 1	756, 0	756, 7	0, 4	3, 8	1, 6	4, 0	— 0, 6	1, 4	incalc.	neve
19	756, 1	755, 9	757, 3	756, 4	— 0, 7	3, 2	1, 9	3, 9	— 1, 8	0, 8		
20	759, 9	759, 7	761, 2	760, 3	0, 4	5, 4	2, 9	6, 2	— 1, 5	2, 0		
21	761, 9	760, 6	760, 7	761, 1	3, 1	8, 4	6, 9	9, 0	0, 2	4, 8		
22	762, 7	762, 3	761, 9	762, 3	4, 4	10, 8	8, 4	10, 9	2, 3	6, 5		
23	760, 8	758, 8	759, 9	759, 8	8, 3	17, 6	16, 3	19, 1	6, 9	12, 6		
24	763, 4	762, 5	762, 0	762, 6	14, 8	19, 4	14, 6	19, 6	11, 3	15, 1		
25	758, 5	756, 3	756, 0	756, 9	6, 1	13, 0	10, 4	14, 6	4, 7	9, 0		
26	763, 5	765, 2	766, 7	765, 1	8, 9	13, 0	8, 2	13, 3	8, 2	9, 6	1, 9	pioggia
27	762, 3	759, 4	757, 8	759, 8	7, 3	13, 4	9, 6	13, 6	4, 8	8, 8		
28	754, 2	750, 2	747, 9	750, 8	4, 0	10, 2	7, 8	10, 4	3, 3	6, 4	0, 2	pioggia
	762, 1	760, 9	761, 3	761, 4	3, 5	8, 5	5, 9	9, 1	2, 0	5, 1	3, 1	

Altezza barometrica massima 769, 3 g. 2
» » minima 747, 9 » 28
» » media 761, 4

Temperatura massima 19°, 6 g. 24
» minima — 3, 6 » 16
» media 5, 1

Nebbia nei giorni 1, 9, 12, 13, 14, 15.
Brina nei giorni 2, 12.
Gelo nei giorni 1, 2, 3, 12, 16, 17, 18, 19, 20.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

FEBBRAIO 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilometri all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	9h	15h	21h		
																mm.
1	3,9	5,5	4,2	4,5	96	90	100	95	10	0	0	NW	W	SW	2	1,2
2	4,1	4,8	4,3	4,4	96	72	73	80	0	0	0	W	W	W	1	gelato
3	3,7	3,7	4,3	3,9	75	49	68	64	0	0	0	NW	W	SW	3	1,3 (*)
4	3,5	4,2	4,8	4,2	63	54	93	63	0	0	0	W	W	W	4	1,3
5	3,2	3,7	5,3	4,1	54	43	71	63	0	0	0	W	W	?	5	1,9
6	3,6	4,2	4,4	4,1	58	49	65	57	0	0	0	SW	?	?	3	1,5
7	3,9	3,7	4,7	4,1	64	43	59	55	0	0	0	?	?	?	0	1,4
8	5,1	6,1	5,8	5,7	83	65	72	73	0	0	0	?	?	?	1	1,2
9	5,3	6,6	6,9	6,3	78	70	84	77	7	8	6	SW	?	?	1	0,6
10	5,8	7,0	5,3	6,0	77	56	62	65	0	0	0	?	W	?	1	1,1
11	5,7	6,4	6,5	6,2	78	62	85	75	0	0	0	SW	?	?	3	1,2
12	4,2	6,3	6,0	5,5	96	83	100	93	0	0	10	?	?	?	1	1,1
13	4,9	5,6	5,8	5,4	98	97	98	98	10	10	10	?	?	E	1	0,6
14	5,7	6,1	6,1	6,0	97	85	88	90	10	10	6	?	?	W	2	0,3
15	5,8	3,2	3,9	4,3	92	52	81	75	10	5	2	NW	SW	SE	15	1,0
16	2,4	4,4	2,9	3,2	61	92	63	72	4	10	10	N	N	W	14	gelato
17	2,7	3,4	3,6	3,2	68	64	79	70	4	10	10	NW	W	NW	7	3,5 (*)
18	4,1	2,7	3,6	3,5	92	45	69	69	7	6	0	W	W	W	3	1,2
19	3,4	2,8	3,6	3,3	75	50	67	64	0	8	0	NW	?	?	1	0,3
20	3,4	2,1	3,6	3,0	65	32	64	54	0	0	0	?	?	?	0	0,3
21	3,1	2,7	4,6	3,5	55	32	61	49	0	2	0	SW	?	?	4	0,7
22	4,3	4,8	5,6	4,9	68	49	68	62	2	1	0	?	?	SW	1	1,3
23	5,1	5,1	2,1	4,1	62	34	15	37	2	0	0	?	SW	W	7	2,9
24	5,0	3,5	5,0	4,5	40	21	40	34	0	3	0	SW	?	?	6	5,2
25	5,9	6,4	6,7	6,3	83	58	71	71	0	0	10	NW	?	?	2	1,6
26	7,5	4,4	5,2	5,7	88	40	63	64	10	3	0	?	NW	S	7	2,3
27	3,7	4,1	5,7	4,5	49	36	64	50	0	2	0	S	W	?	1	1,7
28	5,1	5,8	6,5	5,8	83	62	82	76	2	10	10	?	W	?	4	2,1
	4,4	4,6	4,9	4,6	75	57	72	68	3	3	3				4	1,4

Tens. del vapor acq. mass. 7,5 (mm) g. 26
» » » » min. 2,1 » 20, 23
» » » » media 4,6

Umidità relativa mass. 100 g. 1, 12
» » min. 15 » 23
» » media 68

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2	0	1	1	2	10	20	8

Media nebulosità nel mese in decimi: 3

(*) Comprende anche l' evaporazione del giorno precedente nel quale l' evaporimetro rimase gelato.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m,8)

MARZO 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	745,8	745,2	744,8	745,3	5,7	12,0	10,9	12,2	3,9	8,2		
2	745,2	743,5	744,5	744,4	9,2	14,0	10,0	14,1	7,8	10,3	0,6	pioggia
3	750,6	751,8	751,5	751,3	9,6	11,0	7,8	11,0	7,4	9,0		
4	752,0	753,2	757,3	754,2	5,0	9,0	6,2	9,4	2,9	5,9	1,6	pioggia
5	760,7	759,2	757,5	759,1	5,6	10,0	8,8	10,0	3,4	7,0		
6	754,9	754,3	755,2	754,8	5,7	7,0	6,0	8,8	5,4	6,5	16,6	pioggia
7	754,6	753,2	753,7	753,8	5,2	8,0	6,4	8,3	4,6	6,2	4,0	pioggia
8	757,1	757,8	758,2	757,7	6,0	7,6	7,4	7,8	5,8	6,8	0,7	pioggia
9	759,5	758,9	758,9	759,1	7,4	9,8	8,9	10,1	6,5	8,2		
10	759,9	759,3	759,7	759,6	7,6	11,0	8,6	11,1	6,8	8,5		
11	759,8	758,8	758,5	759,0	9,2	12,4	10,6	13,2	8,3	10,3		
12	758,1	756,7	757,0	757,3	7,0	12,8	10,6	13,4	7,0	9,5		
13	758,0	756,3	755,2	756,5	9,2	14,6	12,6	15,0	7,6	11,1		
14	752,8	753,4	754,7	753,5	7,5	9,4	6,9	12,6	6,9	8,5		
15	758,2	759,7	760,6	759,5	4,2	3,8	4,5	6,9	3,2	4,7	1,6	pioggia
16	761,7	760,9	760,5	761,0	5,6	8,4	6,8	9,0	3,4	6,2		
17	759,9	758,8	759,1	759,3	6,3	10,4	8,8	10,9	4,0	7,5		
18	761,3	761,1	761,6	761,3	8,4	11,8	9,8	13,2	6,0	9,4		
19	762,3	761,6	760,2	761,4	9,0	14,8	11,7	15,6	7,2	10,9		
20	758,0	757,1	758,2	757,8	11,4	13,0	11,7	13,0	10,6	11,7		
21	762,4	761,4	761,3	761,7	9,6	14,2	13,0	14,6	7,8	11,2		
22	760,2	758,9	760,2	759,8	13,0	15,4	11,1	15,7	11,1	12,7		
23	761,6	760,3	759,6	760,5	10,5	15,2	13,6	15,3	5,6	11,2		
24	759,7	757,8	756,8	758,1	12,9	17,8	15,3	18,4	12,1	14,7		
25	751,4	747,7	745,9	748,3	14,2	18,2	13,4	18,2	11,6	14,4		
26	742,6	745,9	750,7	746,4	12,2	6,4	5,7	13,4	5,3	9,2	9,5	pioggia
27	754,2	753,8	755,2	754,4	5,2	6,0	4,2	7,0	2,7	4,8		
28	756,9	755,3	755,0	755,7	1,7	5,4	4,2	6,3	0,6	3,2		
29	753,0	751,7	752,1	752,3	4,2	6,2	3,9	7,4	0,2	3,9	1,0	pioggia
30	752,3	750,4	750,1	750,6	4,9	10,0	7,2	11,1	1,9	6,2		
31	749,8	750,0	750,4	750,1	7,2	9,2	9,0	9,6	6,1	8,0	1,3	pioggia
	756,0	755,3	755,6	755,6	7,7	10,8	8,9	11,7	5,9	8,6	36,9	

Altezza barometrica massima 762,4 g. 21
» » minima 742,6 » 26
» » media 755,6

Temperatura massima 18°,4 g. 24
» minima 0,2 » 29
» media 8,6

Nebbia nei giorni 6, 7, 8, 30.
Brina nel giorno 30.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

MARZO 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilom. all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	9h	15h	21h		
																mm.
1	6,0	5,6	5,7	5,8	88	54	59	67	7	8	10	SE	SW	S	11	0,9
2	6,6	5,1	7,5	6,4	76	43	82	67	7	8	10	SW	SW	SW	24	2,0
3	6,6	4,4	5,6	5,5	52	45	71	56	3	7	6	SW	?	?	3	3,0
4	5,7	5,0	5,4	5,4	87	58	76	74	8	9	7	SE	?	?	2	1,0
5	5,8	4,4	4,6	4,9	85	48	54	62	0	7	10	?	W	?	2	1,3
6	6,8	6,8	7,0	6,9	98	91	100	96	10	10	10	W	?	?	0	1,0
7	6,4	5,8	6,6	6,3	97	72	91	87	10	10	10	?	?	?	0	1,0
8	6,5	6,7	6,8	6,7	92	86	89	89	10	10	10	?	?	?	0	1,0
9	6,3	5,8	5,5	5,9	81	64	64	70	10	8	2	?	?	?	0	0,8
10	6,0	5,5	5,6	5,7	77	56	66	66	10	10	0	?	?	?	0	0,2
11	5,6	5,6	5,9	5,7	64	52	62	59	0	5	0	?	?	?	0	1,2
12	5,3	6,0	6,1	5,8	71	55	64	63	7	5	0	SW	?	?	0	1,4
13	5,7	3,4	5,2	4,8	66	27	48	47	0	2	0	W	W	?	3	2,2
14	5,0	4,3	4,9	4,7	65	39	65	60	5	8	10	SE	SE	SE	20	2,4
15	5,4	5,0	5,6	5,3	87	83	88	86	10	10	10	W	NE	?	8	1,6
16	5,1	4,9	4,6	4,9	75	60	63	66	2	0	0	?	?	?	0	1,2
17	5,0	5,2	5,3	5,2	70	55	63	63	0	3	0	?	?	?	2	1,2
18	5,4	6,8	3,9	5,4	65	67	43	58	0	0	0	?	?	?	0	1,7
19	5,8	4,2	6,4	5,5	68	33	62	54	0	0	0	?	?	?	7	2,1
20	6,4	6,4	7,1	6,6	64	58	69	64	7	10	7	?	W	?	9	1,9
21	7,3	5,7	5,9	6,3	82	47	53	61	2	8	0	W	?	W	2	2,0
22	5,8	5,2	4,6	5,2	52	40	46	46	0	2	0	W	SW	SE	10	1,7
23	4,8	4,6	5,6	5,0	51	36	48	45	0	4	7	NW	W	?	1	2,8
24	7,6	7,2	6,0	6,9	69	48	46	54	8	0	0	?	?	S	1	2,4
25	6,4	5,4	4,1	5,3	53	35	36	41	0	0	0	SW	SW	SW	37	3,3
26	6,1	6,1	5,9	6,0	57	85	86	76	6	10	10	SW	NW	S	24	5,4
27	4,3	3,3	4,0	3,9	64	46	65	58	0	2	7	?	NW	W	3	1,0
28	3,5	3,3	4,0	3,6	68	49	65	61	7	8	0	?	?	?	1	1,9
29	3,7	4,0	5,2	4,3	60	56	85	67	3	10	6	SE	NW	?	5	1,6
30	5,4	5,7	5,9	5,7	85	62	77	75	0	0	0	?	W	?	1	1,9
31	6,9	7,8	8,1	7,6	91	89	95	92	10	10	10	?	?	?	0	1,1
	5,7	5,3	5,6	5,6	73	56	67	65	5	6	5				6	1,7

Tens. del vapor acq. mass. 8,1 g. 31
» » » » min. 3,3 » 27, 28
» » » » media 5,6

Umidità relativa mass. 100 g. 6
» » min. 27 » 13.
» » media 65

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0	1	0	7	3	11	12	4

Media nebulosità nel mese in decimi: 5

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

APRILE 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass.min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	749, 1	758, 0	749, 5	748, 9	9, 0	12, 0	12, 5	13, 7	8, 6	11, 0	1, 4	pioggia
2	753, 4	754, 0	755, 4	754, 3	12, 2	15, 6	12, 0	16, 0	10, 9	12, 8	1, 6	pioggia
3	757, 2	756, 4	756, 5	756, 7	12, 6	15, 6	13, 6	16, 4	8, 8	12, 8		
4	756, 1	754, 9	755, 4	755, 5	13, 9	16, 4	14, 2	16, 7	11, 0	14, 0		
5	755, 6	755, 6	756, 6	755, 9	11, 9	14, 4	11, 4	15, 4	10, 6	12, 3	incalc.	pioggia
6	756, 7	755, 8	755, 3	755, 9	11, 2	15, 0	13, 1	16, 0	10, 4	12, 7		
7	752, 6	750, 1	750, 3	751, 0	11, 2	13, 8	11, 8	14, 4	9, 0	11, 6		
8	749, 6	748, 9	749, 3	749, 3	10, 9	14, 8	12, 7	15, 6	7, 2	11, 6		
9	748, 1	746, 8	745, 2	746, 7	9, 4	13, 2	11, 9	14, 0	9, 3	11, 2	1, 4	pioggia
10	742, 1	744, 9	749, 2	745, 9	10, 9	13, 8	10, 8	13, 9	9, 1	11, 2	0, 8	pioggia
11	754, 9	755, 8	756, 3	755, 7	13, 2	16, 2	14, 2	17, 2	10, 0	13, 6		
12	756, 2	754, 7	753, 9	754, 9	12, 4	17, 4	14, 0	17, 7	11, 2	13, 8		
13	750, 2	748, 8	747, 6	748, 9	12, 4	13, 2	12, 1	15, 2	11, 4	12, 8	3, 6	pioggia
14	743, 3	743, 1	744, 8	743, 7	12, 2	13, 2	11, 3	13, 2	11, 3	12, 0	4, 6	pioggia
15	744, 9	745, 1	746, 1	745, 4	12, 8	16, 2	13, 7	16, 8	9, 0	13, 1	0, 4	pioggia
16	749, 5	749, 4	750, 7	749, 8	13, 3	16, 0	12, 4	16, 3	10, 0	13, 2	0, 7	pioggia
17	752, 2	751, 1	751, 0	751, 4	13, 2	16, 4	14, 4	17, 2	8, 9	13, 4		
18	749, 1	747, 1	745, 7	747, 3	12, 6	14, 0	12, 3	14, 4	11, 6	12, 7	7, 7	pioggia
19	741, 7	741, 2	741, 3	741, 4	11, 6	14, 8	12, 7	15, 8	10, 8	12, 7	4, 3	pioggia
20	743, 6	745, 1	746, 8	745, 2	14, 6	18, 0	14, 3	18, 3	10, 7	14, 5		
21	745, 6	745, 6	748, 3	746, 5	10, 8	12, 6	9, 5	14, 8	9, 5	11, 2	6, 7	pioggia
22	747, 6	748, 0	749, 3	748, 3	8, 6	9, 0	8, 2	9, 9	6, 9	8, 4	2, 6	pioggia e grand.
23	749, 8	749, 0	749, 7	749, 5	9, 6	13, 4	11, 1	14, 8	6, 3	10, 5		
24	751, 4	752, 0	754, 5	752, 6	12, 9	13, 6	11, 3	15, 3	9, 3	12, 2	3, 7	pioggia
25	759, 3	759, 4	760, 3	759, 7	11, 1	14, 0	12, 0	14, 6	6, 3	11, 0	0, 2	pioggia
26	760, 0	758, 7	758, 2	759, 0	11, 2	12, 2	11, 1	12, 3	10, 3	11, 2	10, 2	pioggia
27	755, 6	753, 7	752, 2	753, 8	10, 4	12, 4	11, 2	12, 4	10, 3	11, 1	15, 7	pioggia
28	751, 2	750, 8	751, 3	751, 1	11, 0	12, 2	11, 7	13, 2	10, 9	11, 4	14, 7	pioggia
29	750, 9	750, 8	751, 5	751, 1	13, 0	12, 4	12, 6	12, 8	11, 1	12, 6	9, 6	pioggia
30	752, 3	752, 3	753, 9	752, 8	12, 7	16, 2	14, 2	17, 3	9, 1	13, 3	0, 1	pioggia
	751, 0	750, 6	751, 2	750, 9	11, 8	14, 3	12, 3	15, 1	9, 7	12, 2	90, 0	

Altezza barometrica massima 760, 3 mm g. 25
» » minima 741, 2 » 19
» » media 750, 9

Temperatura massima 18°, 3 g. 20
» minima 6, 3 » 23, 25.
» media 12, 2

Nebbia nei giorni 7, 9, 12, 13, 14, 27.
Temporale nel giorno 24.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. $83^m,8$)

APRILE 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilom. all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	9h	15h	21h		
																mm.
1	8,6	9,8	8,4	8,9	100	88	78	89	10	10	7	SE	SE	SE	9	0,2
2	6,0	7,3	6,6	6,6	56	55	63	58	4	8	3	SW	?	SW	7	1,3
3	6,3	6,8	6,0	6,4	58	51	52	54	0	8	0	SW	?	S	4	1,3
4	6,1	6,0	7,9	6,7	52	43	65	53	0	8	10	SW	?	?	8	2,2
5	7,1	7,7	7,1	7,3	68	63	71	67	5	8	10	W	SW	SW	6	2,2
6	7,7	7,6	8,5	7,9	77	60	76	71	6	8	3	?	W	SW	3	1,3
7	8,7	8,4	8,2	8,4	87	71	79	79	6	8	2	?	SW	SE	4	2,0
8	8,0	7,7	8,8	8,2	82	62	80	75	3	8	10	?	SW	S	6	1,6
9	8,7	9,5	9,5	9,2	99	84	91	91	10	10	10	SE	SW	SE	10	1,6
10	5,8	6,6	5,1	5,8	60	56	53	56	7	8	7	SE	SW	SW	18	0,6
11	5,8	6,9	8,2	7,0	51	50	68	56	2	10	7	SW	W	?	17	3,0
12	9,3	9,0	9,0	9,1	87	61	75	74	4	8	10	?	W	W	3	1,4
13	9,7	9,7	10,1	9,8	90	86	96	91	10	10	10	?	SW	SE	6	1,2
14	10,2	10,0	8,4	9,5	96	88	81	88	10	10	8	SE	SE	?	8	0,7
15	7,4	7,2	7,2	7,3	67	52	62	60	3	5	2	SW	?	SW	2	1,7
16	8,8	8,0	9,4	8,7	77	59	82	73	4	8	8	?	?	?	1	2,8
17	9,4	7,6	9,3	8,8	83	53	76	71	0	8	9	?	SW	SE	3	1,3
18	9,7	10,0	9,0	9,6	89	84	90	88	10	10	10	?	?	S	2	1,2
19	8,8	8,2	8,8	8,6	86	66	80	77	8	8	4	W	?	SW	4	1,2
20	7,0	5,6	5,6	6,1	56	36	46	46	0	2	7	SW	SW	SW	12	2,8
21	9,5	4,1	4,9	6,2	99	38	55	64	10	2	8	SE	SW	SW	20	2,3
22	6,2	6,5	6,8	6,5	74	76	83	78	7	8	7	?	?	SW	2	1,5
23	6,2	5,7	6,6	6,2	69	50	67	62	3	2	0	NW	?	?	2	1,2
24	6,7	7,2	7,2	7,0	60	62	72	65	4	3	0	?	SW	W	6	2,2
25	7,6	8,5	8,9	8,3	76	71	85	77	0	10	10	?	W	S	6	1,6
26	9,4	9,1	9,9	9,5	95	86	100	94	10	10	10	E	?	¿	2	0,8
27	9,2	9,2	9,7	9,4	97	86	97	93	10	10	10	?	?	NE	2	1,4
28	9,5	10,1	10,1	9,9	97	95	99	97	10	10	10	NE	W	NE	5	1,1
29	10,1	10,0	10,4	10,2	91	93	95	93	10	10	9	W	?	?	4	0,8
30	9,6	8,2	8,4	8,7	88	60	69	72	5	5	0	?	?	?	0	1,3
	8,1	7,9	8,1	8,1	79	66	76	74	6	8	7				6	1,5

Tens. del vapor acq mass. $10,4$ mm g. 1, 29.
» » » » min. 5,1 » 10
» » » » media 8,1

Umidità relativa mass. 100 g. 1, 26.
» » min. 36 » 20
» » media 74

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0	3	1	12	4	25	10	1

Media nebulosità nel mese in decimi: 7

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

MAGGIO 1918 — Tempo medio dell'Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C.				Temperatura centigrada						Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h		
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	756, 6	756, 4	757, 2	756, 7	15, 0	18, 4	15, 7	19, 4	11, 6	15, 4		
2	758, 2	757, 5	757, 6	757, 8	16, 4	20, 0	18, 3	20, 6	10, 9	16, 6		
3	758, 0	756, 4	755, 9	756, 8	18, 2	21, 0	18, 4	22, 2	12, 4	17, 8		
4	755, 4	754, 4	754, 7	754, 8	19, 2	22, 4	19, 8	23, 6	14, 9	19, 4		
5	754, 5	754, 0	755, 2	754, 6	21, 0	22, 2	17, 0	24, 2	16, 6	19, 7	incalc.	pioggia
6	754, 0	752, 1	751, 0	752, 4	15, 2	19, 0	17, 4	20, 3	14, 1	16, 8	incalc.	pioggia
7	747, 0	748, 3	749, 0	748, 1	17, 1	17, 0	14, 2	20, 4	14, 2	16, 5	4, 5	pioggia
8	749, 3	749, 7	750, 3	749, 8	17, 4	19, 4	17, 3	19, 4	13, 0	16, 8	0, 5	pioggia
9	749, 0	745, 8	744, 3	746, 4	15, 0	18, 4	16, 5	19, 0	12, 5	15, 8	0, 9	pioggia
10	746, 1	747, 7	748, 0	747, 3	17, 0	21, 2	18, 7	22, 4	15, 0	18, 3		
11	752, 2	752, 5	752, 8	752, 5	19, 0	22, 0	19, 4	23, 0	14, 4	19, 0		
12	752, 9	751, 7	751, 9	752, 2	18, 7	22, 8	18, 5	22, 9	16, 2	19, 1		
13	753, 1	751, 6	751, 2	752, 0	17, 9	21, 8	17, 9	22, 7	15, 0	18, 4		
14	750, 9	750, 1	750, 1	750, 4	14, 6	15, 4	14, 1	18, 2	13, 6	15, 1	9, 5	pioggia
15	750, 3	751, 1	752, 8	751, 4	12, 2	15, 0	15, 4	16, 3	11, 6	13, 9	2, 5	pioggia
16	754, 7	754, 4	754, 4	754, 5	17, 0	21, 2	18, 2	22, 7	13, 0	17, 7		
17	755, 5	755, 0	755, 2	755, 2	19, 2	21, 8	18, 6	23, 0	14, 4	18, 8		
18	755, 4	755, 0	755, 5	755, 3	18, 1	22, 4	19, 3	23, 2	15, 3	19, 0		
19	757, 5	757, 3	757, 6	757, 5	18, 8	22, 4	20, 7	23, 5	15, 0	19, 5		
20	758, 9	757, 9	758, 2	758, 3	19, 5	24, 0	21, 0	24, 7	14, 6	20, 0		
21	759, 0	758, 3	758, 5	758, 6	21, 0	25, 2	22, 8	26, 0	15, 6	21, 4		
22	759, 3	758, 2	757, 8	758, 4	22, 1	26, 4	24, 0	27, 0	18, 1	22, 8		
23	758, 4	757, 2	756, 6	757, 4	24, 4	28, 0	25, 2	28, 8	19, 6	24, 5		
24	755, 0	752, 3	750, 1	752, 5	24, 6	29, 0	22, 8	29, 6	20, 0	24, 2		
25	749, 6	749, 6	750, 4	749, 9	21, 1	25, 4	22, 3	26, 0	18, 6	22, 0		
26	751, 8	751, 0	752, 7	751, 8	20, 1	26, 2	19, 3	26, 5	17, 3	20, 8		
27	754, 6	754, 9	755, 2	754, 9	16, 4	14, 2	13, 1	19, 3	12, 4	15, 3	12, 3	pioggia
28	755, 6	755, 0	755, 9	755, 5	12, 6	15, 0	11, 7	15, 3	11, 4	12, 8	5, 3	pioggia
29	755, 0	755, 9	756, 4	755, 8	11, 8	12, 0	12, 0	12, 6	10, 0	11, 6	5, 9	pioggia
30	756, 7	756, 6	757, 4	756, 9	13, 9	19, 2	17, 0	19, 6	11, 3	15, 4	1, 3	pioggia
31	758, 7	758, 4	758, 9	758, 7	16, 9	21, 4	18, 3	22, 4	12, 8	17, 6		
	754, 3	753, 8	754, 0	754, 0	17, 8	21, 0	18, 2	22, 1	14, 4	18, 1	42, 7	

Altezza barometrica massima 759,3 (mm) g. 22
» » minima 744, 3 » 9
» » media 754, 0

Temperatura massima 29,6 (°) g. 24
» minima 10, 0 » 29
» media 18, 1

Temporale nel giorno 27.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

MAGGIO 1918 - Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilom. all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	9h	15h	21h		
																mm.
1	7,8	7,1	8,7	7,9	61	45	66	57	0	2	0	?	?	?	0	2,3
2	9,1	8,5	7,7	8,4	66	49	49	55	0	5	6	?	?	?	1	2,5
3	9,4	7,9	8,8	8,7	60	43	56	53	0	5	0	W	W	?	1	5,3
4	9,3	8,5	10,0	9,3	56	42	59	52	2	2	0	?	SW	S	7	2,2
5	8,3	8,0	8,0	8,1	45	40	55	47	3	10	10	W	SW	?	13	3,7
6	11,0	10,3	12,4	11,2	86	63	84	78	10	5	10	?	W	SE	3	1,9
7	11,3	8,5	9,1	9,6	78	59	74	70	4	10	6	S	SW	SW	10	3,7
8	8,0	8,1	7,8	8,3	54	48	53	52	4	5	7	SW	W	SW	15	2,2
9	8,4	9,5	10,7	9,5	66	60	76	67	4	5	8	NW	W	W	9	2,9
10	9,0	7,0	8,4	8,1	62	37	52	50	7	5	0	W	W	SW	11	2,7
11	8,9	9,0	7,8	8,6	54	46	47	49	0	8	2	SW	W	SW	15	4,0
12	8,8	8,0	7,3	8,0	55	38	46	46	7	6	2	SW	SW	SW	24	3,6
13	8,3	9,1	9,4	8,9	54	47	62	54	0	2	7	NW	NW	S	13	6,4
14	11,0	11,3	11,0	11,1	89	87	92	89	10	10	10	?	?	NE	3	2,1
15	10,0	10,5	11,3	10,6	94	83	87	88	10	10	8	NW	NW	W	8	1,0
16	11,3	10,7	12,7	11,6	78	57	82	72	4	3	0	?	W	S	2	1,2
17	11,3	10,3	10,5	10,7	68	53	66	62	3	5	0	NE	W	W	3	2,0
18	10,8	9,6	10,2	10,2	70	48	61	60	7	2	0	W	SW	?	3	4,6
19	10,4	7,9	9,8	9,4	64	39	54	52	0	2	0	NW	W	?	1	3,0
20	9,4	8,7	11,2	9,8	56	39	61	52	0	3	0	NW	NW	?	3	3,2
21	10,0	10,0	10,9	10,3	51	42	53	49	0	2	0	W	W	?	4	4,2
22	10,6	9,6	10,8	10,3	53	37	49	46	0	0	0	NW	W	W	4	5,7
23	8,7	6,8	10,5	8,7	38	24	54	39	0	2	0	W	W	SW	10	5,5
24	8,0	9,9	8,0	8,6	35	33	38	35	0	0	0	SW	SW	SW	26	5,5
25	11,0	9,0	10,3	10,1	59	37	51	49	0	2	0	NW	SW	SW	15	6,8
26	9,6	7,3	12,1	9,0	55	29	73	52	2	5	8	NW	SW	E	9	5,4
27	10,4	10,4	10,3	10,4	75	87	92	85	10	10	10	NE	NW	NE	8	3,4
28	9,3	5,2	7,9	7,5	86	41	77	68	10	10	10	?	W	W	6	2,2
29	7,8	9,2	9,8	8,9	76	98	94	88	10	10	10	NW	W	W	6	2,3
30	9,0	6,6	9,3	8,3	77	40	64	60	8	8	0	NW	NW	?	9	2,7
31	8,1	6,9	7,4	7,5	56	39	47	47	0	2	0	NW	NW	SE	7	5,0
	9,5	8,7	9,7	9,3	64	49	64	59	4	5	4				8	3,5

Tens. del vapor acq. mass. 12,7 mm g. 16
» » » » min. 5,2 » » 28
» » » » media 9,3

Umidità relativa mass. 98 g. 29
» » min. 24 » 23.
» » media 59

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0	4	1	2	4	20	26	17

Media nebulosità nel mese in decimi: 4

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

GIUGNO 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass.min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	759,3	757,8	756,5	757,9	18,4	24,2	21,8	25,0	16,8	20,5		
2	756,1	755,7	755,6	755,8	20,1	22,6	19,0	23,6	17,1	20,0		
3	754,7	753,2	752,1	753,3	19,9	24,0	20,9	25,3	14,9	20,2		
4	753,4	752,2	753,9	753,2	17,8	22,0	16,4	23,9	14,0	18,0		
5	754,8	753,9	756,4	755,0	13,6	14,2	9,6	16,4	9,6	12,3	8,0	pioggia e grand.
6	758,5	757,3	757,7	757,8	10,5	16,6	15,0	18,3	9,1	13,2	2,0	pioggia
7	759,2	759,0	759,9	759,4	16,3	21,2	18,0	22,3	12,9	17,4		
8	761,9	761,0	761,3	761,4	20,3	23,6	20,8	24,9	14,4	20,1		
9	761,2	758,8	757,1	759,0	20,8	25,4	20,5	25,6	16,0	20,7		
10	753,6	751,4	751,3	752,1	19,8	22,2	18,7	22,2	15,4	19,0		
11	749,6	749,3	750,4	749,8	15,0	16,4	15,9	18,8	14,2	16,0	29,1	pioggia
12	751,7	752,4	753,7	752,6	18,4	19,8	15,8	20,3	14,0	17,1	0,2	pioggia
13	755,6	755,8	757,2	756,2	16,2	21,0	19,7	22,5	14,0	18,1		
14	759,0	757,3	756,3	757,5	20,4	24,4	21,0	25,1	15,1	20,4		
15	752,6	751,2	750,2	751,3	22,1	20,6	20,4	26,2	16,6	21,3	2,3	pioggia
16	749,5	749,8	749,1	749,5	20,8	26,4	23,3	27,1	18,3	22,4		
17	749,0	749,8	749,9	749,6	22,8	23,6	19,8	24,6	19,7	21,7	1,7	pioggia
18	750,0	750,7	750,9	750,5	22,2	24,0	21,9	27,0	19,1	22,6		
19	752,7	752,0	751,9	752,2	21,8	25,8	21,0	26,2	17,0	21,5		
20	751,2	750,9	752,1	751,4	18,4	19,0	17,6	21,6	16,3	18,5	2,5	pioggia
21	754,1	752,2	752,4	752,9	19,3	24,2	22,3	25,0	14,2	20,2		
22	752,8	751,6	751,1	751,8	23,0	26,4	23,6	27,2	17,8	22,9		
23	749,8	748,1	749,3	749,1	23,7	27,4	22,0	27,4	20,6	23,4	0,3	pioggia
24	757,5	755,6	754,8	756,0	18,4	22,6	18,2	24,0	13,1	18,4		
25	753,9	753,6	754,4	754,0	20,0	24,2	20,3	25,6	12,8	19,7		
26	755,4	753,9	753,1	754,1	20,9	24,6	22,4	25,5	17,4	21,6		
27	751,2	750,6	751,5	751,1	22,3	23,0	21,2	24,2	19,0	21,7		
28	754,2	754,2	754,8	754,4	21,6	24,0	20,3	24,8	16,1	20,7		
29	756,0	754,5	754,2	754,9	20,5	24,0	20,8	25,0	15,4	20,4		
30	753,4	752,0	752,0	752,5	20,6	24,2	20,9	25,4	17,0	21,0		
	754,4	753,5	753,7	753,9	19,5	22,7	19,6	24,0	15,6	19,7	46,1	

Altezza barometrica massima 761,9 mm g. 8
» » minima 748,1 » 23
» » media 753,9

Temperatura massima 27°,4 g. 23
» minima 9,1 » 6
» media 19,7

Temporale nei giorni 5, 20, 23.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83^m,8)

GIUGNO 1918 — Tempo medio dell'Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilom. all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9^h	15^h	21^h	Media	9^h	15^h	21^h	Media	9^h	15^h	21^h	9^h	15^h	21^h		mm.
1	7,9	6,5	8,7	7,7	50	29	45	41	0	2	0	W	W	NW	8	5,0
2	9,6	11,3	11,7	10,9	55	56	72	61	0	2	3	NW	NW	SE	15	4,6
3	9,7	10,1	6,9	8,9	56	46	37	46	0	5	2	NW	W	SW	8	3,8
4	9,9	9,9	9,4	9,7	65	50	67	61	9	3	8	SW	SW	NE	12	4,0
5	9,8	8,4	8,4	8,9	84	69	95	83	10	10	10	?	NW	W	9	2,2
6	8,2	6,2	7,8	7,4	86	44	61	64	9	3	0	NW	NW	?	4	1,9
7	8,1	5,9	8,3	7,4	59	32	54	48	0	0	0	W	SE	SE	6	3,8
8	7,3	7,5	6,4	7,1	41	34	35	37	0	2	0	W	SW	SE	8	4,0
9	9,3	7,5	9,6	8,8	51	31	54	45	0	0	0	?	SW	SE	14	6,8
10	11,5	11,9	11,3	11,6	67	60	70	66	0	6	10	?	SW	SE	6	5,4
11	12,1	13,0	12,8	12,6	96	94	97	96	10	10	10	NE	NW	SE	6	2,0
12	10,4	10,1	8,0	9,5	66	59	60	62	6	8	9	W	SW	W	6	1,5
13	10,3	9,3	11,3	10,3	75	51	66	64	5	3	2	W	W	S	5	2,6
14	12,0	10,5	12,0	11,5	68	46	65	60	0	1	0	SE	SW	NE	6	3,6
15	13,8	12,8	11,0	12,5	70	71	62	68	3	10	7	?	SW	SW	9	3,0
16	10,6	9,9	11,3	10,6	58	39	53	50	0	5	2	SW	SW	SW	28	4,4
17	13,1	14,8	14,9	14,3	63	69	87	73	6	10	10	E	E	E	9	3,4
18	15,4	12,3	11,1	12,9	77	56	57	63	2	8	8	SW	SW	?	5	2,5
19	10,3	7,3	7,6	8,4	53	30	41	41	0	5	3	SW	SW	SW	12	4,8
20	10,2	12,0	10,0	10,7	65	73	67	68	9	10	9	W	SW	SW	11	4,2
21	9,1	9,4	10,9	9,8	55	42	54	50	0	8	2	W	W	SW	4	2,4
22	10,8	9,9	12,7	11,1	52	39	59	50	0	2	0	W	SW	N	6	4,8
23	11,4	11,5	3,9	8,9	52	43	20	38	0	3	5	SW	SW	SW	26	6,0
24	8,0	4,0	10,2	7,4	51	20	66	46	0	0	0	W	W	SE	12	4,4
25	8,7	8,2	8,9	8,6	50	37	50	46	0	5	0	N	NW	SE	8	4,1
26	9,5	10,7	7,6	9,3	52	47	38	46	0	8	2	NW	W	SW	5	3,9
27	9,7	10,8	12,9	11,1	48	52	69	56	7	8	9	SW	NW	?	15	4,2
28	10,3	10,1	10,2	10,2	53	46	57	52	3	3	2	NE	SW	SE	7	3,5
29	9,9	8,7	10,6	9,7	55	39	58	51	3	2	0	NE	SW	S	6	4,0
30	10,9	9,7	11,7	10,8	60	43	64	56	3	2	9	W	SW	SE	8	4,1
	10,3	9,7	9,9	10,0	61	48	59	56	3	5	4				9	3,8

Tens. del vapor acq. mass. 15,4 g. 18
» » » » min. 3,9 » 23
» » » » media 10,0

Umidità relativa mass. 97 g. 11
» » min. 20 » 23, 24
» » media 56

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2	5	3	12	2	30	18	11

Media nebulosità nel mese in decimi: 4

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

LUGLIO 1918 — Tempo medio dell'Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	754, 0	753, 3	753, 1	753, 5	15, 4	20, 6	19, 1	22, 2	14, 4	17, 8	0, 3	pioggia
2	753, 2	752, 6	754, 4	753, 4	18, 4	25, 4	21, 6	26, 4	15, 5	20, 5		
3	753, 1	752, 9	753, 1	753, 0	22, 5	25, 0	23, 8	27, 2	17, 6	22, 8		
4	755, 0	753, 5	753, 1	753, 9	19, 9	25, 4	22, 2	25, 7	18, 4	21, 6		
5	753, 7	753, 4	754, 2	753, 8	23, 0	25, 4	23, 2	26, 9	16, 8	22, 5		
6	756, 2	755, 1	754, 6	755, 3	19, 0	22, 4	20, 6	25, 0	18, 0	20, 6	2, 9	pioggia
7	756, 1	755, 4	755, 8	755, 8	22, 6	27, 2	23, 1	28, 3	17, 6	22, 9		
8	756, 4	755, 0	754, 4	755, 3	23, 1	27, 2	24, 4	27, 6	17, 6	23, 2	incalc.	pioggia
9	754, 2	752, 9	753, 0	753, 4	25, 6	30, 6	26, 5	31, 1	21, 6	26, 2		
10	753, 9	754, 0	753, 6	753, 8	26, 0	27, 2	25, 6	29, 0	21, 6	25, 6		
11	754, 3	753, 5	753, 4	753, 7	26, 7	27, 4	22, 3	28, 6	17, 2	23, 7	11, 2	pioggia e grand.
12	754, 3	753, 3	753, 1	753, 6	21, 6	25, 8	24, 2	27, 2	20, 1	23, 3		
13	754, 3	753, 2	752, 8	753, 4	24, 6	28, 8	25, 7	29, 0	20, 3	24, 9		
14	754, 7	753, 9	754, 8	754, 5	24, 0	29, 4	26, 6	29, 9	21, 8	25, 6		
15	757, 0	756, 1	754, 9	756, 0	25, 5	30, 0	28, 9	30, 4	22, 8	26, 7		
16	756, 3	755, 0	755, 3	755, 5	24, 4	31, 4	28, 7	31, 7	24, 0	27, 2		
17	756, 1	755, 5	755, 2	755, 6	28, 5	32, 2	29, 4	33, 9	24, 7	29, 1		
18	755, 1	753, 9	754, 0	754, 3	28, 6	36, 0	30, 7	36, 7	26, 1	30, 5		
19	756, 1	755, 6	755, 8	755, 8	28, 0	31, 8	29, 4	32, 3	25, 0	28, 7		
20	756, 6	754, 3	753, 4	754, 8	26, 8	31, 0	28, 4	31, 3	23, 6	27, 5		
21	752, 9	751, 8	751, 6	752, 1	27, 4	32, 0	28, 4	33, 3	24, 7	28, 4		
22	752, 9	751, 3	751, 5	751, 9	24, 7	29, 0	24, 2	29, 4	20, 8	24, 8		
23	751, 1	750, 1	749, 6	750, 3	24, 6	28, 6	26, 9	30, 6	20, 6	25, 7		
24	750, 8	750, 5	751, 1	750, 8	26, 0	30, 4	28, 0	32, 3	23, 3	27, 4		
25	752, 8	751, 8	751, 5	752, 0	27, 9	31, 4	28, 5	32, 2	24, 2	28, 2		
26	751, 2	750, 4	750, 5	750, 7	23, 3	26, 2	22, 6	28, 5	22, 6	24, 2		
27	749, 2	747, 5	747, 7	748, 1	22, 6	19, 0	21, 0	24, 3	17, 2	21, 3	20, 6	pioggia e grand.
28	751, 0	751, 1	752, 1	751, 4	20, 0	25, 0	23, 9	26, 4	15, 3	21, 4	3, 1	pioggia
29	755, 4	754, 4	754, 4	754, 7	22, 6	26, 2	23, 4	27, 0	19, 7	23, 2		
30	754, 5	753, 4	753, 0	753, 6	23, 0	27, 2	24, 2	27, 5	18, 7	23, 4		
31	753, 4	752, 6	752, 9	753, 0	22, 6	28, 0	24, 0	28, 3	18, 4	23, 3		
	754, 1	753, 1	753, 2	753, 5	23, 8	27, 8	25, 1	29, 0	20, 3	24, 6	38, 1	

Altezza barometrica massima 757, 0 (mm) g. 15
» » minima 747, 5 » 27
» » media 753, 5

Temperatura massima 36, 7 (°) g. 18
» minima 14, 4 » 1
» media 24, 6

Temporale nei giorni 11, 27.
Caligine nel giorno 4.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83^m,8)

LUGLIO 1918 — Tempo medio dell'Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilom. all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9^h	15^h	21^h	Media	9^h	15^h	21^h	Media	9^h	15^h	21^h	9^h	15^h	21^h		
																mm
1	10,1	7,9	9,6	9,2	77	44	59	60	10	2	0	S	SE	SE	9	2,8
2	8,2	5,8	9,1	7,7	52	24	47	41	0	0	2	NW	W	SE	5	3,3
3	10,8	10,2	11,8	10,9	53	43	54	50	0	8	10	NW	W	SW	7	4,1
4	13,9	10,5	11,9	12,1	80	44	60	61	6	5	3	NW	W	SE	5	3,1
5	12,6	12,8	11,0	12,1	61	53	52	55	3	2	7	?	SW	SE	9	3,8
6	13,4	11,7	13,8	13,0	82	58	76	72	10	3	4	?	SW	S	9	5,0
7	13,7	10,4	13,2	12,4	67	39	63	56	4	2	0	?	SW	S	7	3,5
8	13,4	13,0	16,4	14,3	63	48	72	61	0	8	2	?	SW	SE	5	3,9
9	11,2	9,6	10,1	10,3	46	29	39	38	3	2	3	S	SE	S	17	4,6
10	12,9	12,0	12,6	12,5	51	45	52	49	2	8	0	S	S	S	13	4,6
11	13,3	14,2	16,3	14,6	51	52	81	61	4	8	0	SW	W	SE	14	4,8
12	15,7	15,5	17,2	16,1	82	63	77	74	4	5	3	?	W	S	3	6,0
13	16,3	13,7	13,2	14,4	71	47	53	57	2	2	3	?	SW	S	5	4,6
14	14,4	13,3	18,0	15,2	65	43	66	58	0	5	8	?	SW	S	5	5,0
15	13,0	14,7	17,8	15,2	53	47	63	54	0	0	0	W	W	S	6	5,2
16	12,4	16,1	14,8	14,4	55	47	51	51	0	3	0	W	SW	SE	7	5,9
17	16,0	17,5	17,3	16,9	55	49	57	54	0	0	0	W	SW	SE	8	5,4
18	14,7	9,6	16,5	13,6	50	21	50	40	0	0	0	W	SW	SW	8	7,6
19	12,6	15,1	22,5	16,7	45	43	74	54	0	0	0	W	SW	?	9	9,8
20	18,5	18,2	16,1	17,6	71	55	56	61	0	2	0	NE	SW	S	5	4,8
21	13,9	14,2	10,9	13,0	51	40	38	43	0	2	0	W	W	SW	16	9,2
22	15,5	12,2	14,8	14,2	67	41	66	58	0	3	0	NW	W	W	8	6,9
23	13,1	15,6	14,2	14,3	57	54	54	55	0	5	0	W	W	SW	3	3,8
24	14,9	15,6	16,9	15,7	60	48	60	56	0	5	7	NW	NW	SE	10	6,0
25	16,0	13,9	11,8	13,9	57	41	41	46	0	3	0	?	NW	S	5	5,3
26	16,4	16,9	15,0	16,1	77	55	73	68	6	3	4	NW	SW	SE	6	6,3
27	13,1	13,8	10,5	12,5	62	85	57	68	0	10	0	NW	SE	SW	5	3,6
28	10,8	8,3	7,3	8,8	62	36	33	44	0	2	0	W	NW	W	7	5,0
29	6,8	5,9	11,1	7,9	33	23	52	36	0	2	0	W	SW	S	4	7,4
30	9,6	9,4	12,7	10,6	46	35	57	46	0	2	0	?	W	S	3	4,4
31	9,5	9,6	12,6	10,6	47	34	57	46	0	3	0	W	NW	SE	4	4,7
	13,1	12,5	13,8	13,1	60	45	58	54	3	3	2				7	5,2

Tens. del vapor acq. mass. 22^{mm},5 g. 19
» » » » min. 5,8 » 2
» » » » med. 13,1

Umid. relat. mass. 85 g. 27
» » min. 21 » 18
» » media 54

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0	1	0	14	16	19	22	14

Media nebulosità nel mese in decimi: 2

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8,

AGOSTO 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	754,0	753,0	752,9	753,3	23,2	28,4	25,6	28,7	20,4	24,5		-
2	753,4	752,5	752,4	752,8	24,6	28,6	27,0	29,6	20,8	25,5		
3	752,1	750,5	751,1	751,2	23,8	26,0	25,0	27,0	22,6	24,6	3,4	pioggia
4	750,8	749,8	751,5	750,7	21,6	28,6	23,2	28,9	19,6	23,3		
5	753,5	752,9	752,2	752,9	22,5	26,4	22,4	26,8	19,0	22,7	2,9	pioggia
6	752,2	750,4	748,4	750,3	23,6	27,0	24,0	27,5	19,7	23,7		
7	749,1	750,1	751,4	750,2	18,5	22,6	20,3	24,0	18,0	20,2	4,0	pioggia
8	754,6	754,6	755,3	754,8	21,0	26,0	24,2	26,8	16,9	22,2		
9	756,2	754,8	753,1	754,7	22,4	26,2	23,8	26,5	18,8	22,9		
10	754,0	753,8	755,7	754,5	21,1	25,6	21,0	26,9	19,3	22,1		
11	756,8	756,1	755,9	756,3	21,6	27,0	24,5	27,3	16,9	22,6		
12	757,6	757,0	757,0	757,2	23,7	27,4	23,9	27,7	20,2	23,9		
13	756,4	754,4	754,9	755,2	22,8	27,2	23,9	29,0	18,1	23,4		
14	756,7	756,8	758,0	757,2	20,8	25,2	22,6	25,8	18,1	21,8		
15	758,6	757,0	757,2	757,6	22,0	26,4	23,6	26,9	19,2	22,9		
16	758,2	757,0	757,0	757,4	24,1	28,8	24,4	29,2	21,0	24,7		
17	757,8	756,0	755,8	756,5	25,0	29,8	26,3	31,2	21,9	26,1		
18	756,1	754,3	753,7	754,7	25,5	30,0	26,7	30,6	21,9	26,2		
19	754,0	752,2	752,2	752,8	25,8	29,6	28,2	30,4	23,4	27,0		
20	756,5	756,9	758,8	757,4	24,9	28,8	24,7	29,3	22,4	25,3		
21	762,7	762,4	763,0	762,7	24,4	29,0	24,2	29,4	19,2	24,3		
22	763,5	761,8	761,0	762,1	24,7	30,0	25,5	30,3	19,1	24,9		
23	760,1	757,8	757,3	758,4	26,0	30,8	27,3	31,1	20,9	26,3		
24	756,0	754,8	753,4	754,7	26,3	31,2	27,8	31,4	22,6	27,0		
25	754,2	752,8	752,4	753,1	24,9	29,6	27,0	30,0	23,3	26,3		
26	753,8	751,8	751,4	752,3	23,5	28,4	26,6	29,3	21,1	25,1		
27	750,8	752,3	754,2	752,4	25,8	21,6	20,6	26,8	20,6	23,4	2,5	pioggia
28	755,3	754,2	753,8	754,4	21,6	25,0	22,4	25,3	17,7	21,8		
29	753,6	752,3	753,5	753,1	22,4	22,4	17,5	25,6	17,5	20,8	8,1	pioggia
30	750,6	752,2	752,7	751,8	16,8	16,8	17,1	18,2	15,6	16,9	0,5	pioggia
31	753,8	752,6	752,4	752,9	18,9	23,2	20,9	24,4	14,9	19,8		
	755,3	754,4	754,5	754,7	23,0	26,9	23,9	27,8	19,7	23,6	17,6	

Altezza barometrica massima 763,5 (mm) g. 22
» » minima 748,4 » 6
» » media 754,7

Temperatura massima 31,4 (°) g. 24
» minima 14,9 » 31
» media 23,6

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

AGOSTO 1918 — Tempo medio dell'Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilometri all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	9h	15h	21h		
																mm.
1	12, 2	12, 6	11, 5	12, 1	58	44	47	50	0	1	0	W	W	SE	4	5, 3
2	12, 6	12, 8	13, 1	12, 8	55	41	49	48	0	8	0	W	W	SE	12	6, 5
3	12, 4	16, 1	13, 5	14, 0	57	65	57	60	8	3	5	SW	NW	S	21	5, 7
4	16, 4	9, 2	12, 2	12, 6	86	32	58	59	6	4	0	?	SW	W	8	3, 7
5	12, 3	8, 7	14, 3	11, 8	61	34	71	55	0	2	3	W	W	S	5	5, 5
6	11, 8	13, 4	11, 4	12, 2	54	51	51	52	2	5	3	SW	NW	SW	16	3, 9
7	11, 6	9, 2	10, 9	10, 6	73	45	62	60	9	2	0	W	NW	SE	12	5, 3
8	9, 6	8, 6	11, 6	9, 9	52	35	51	46	0	2	0	NW	W	SE	3	4, 8
9	11, 3	9, 7	10, 4	10, 5	56	38	47	47	0	6	7	W	NW	SE	4	4, 6
10	11, 5	8, 3	8, 5	9, 8	67	34	46	49	3	3	4	W	NW	NE	7	6, 2
11	8, 1	6, 8	8, 9	7, 9	42	26	39	36	0	0	0	W	S	SE	5	6, 2
12	10, 0	8, 4	9, 5	9, 3	46	31	43	40	0	2	0	W	NW	SE	6	5, 6
13	10, 6	9, 7	12, 1	10, 8	51	36	54	47	0	5	6	NW	?	SE	2	4, 8
14	13, 2	9, 4	11, 3	11, 3	72	39	56	56	0	2	0	NE	W	E	5	5, 2
15	11, 2	9, 9	14, 2	11, 2	57	39	65	54	0	3	0	W	W	SE	3	4, 6
16	11, 0	11, 7	13, 0	11, 9	49	40	57	49	0	0	0	?	W	S	4	5, 0
17	11, 1	12, 1	10, 3	11, 2	47	39	41	42	0	0	0	SW	W	SW	13	6, 8
18	13, 4	13, 3	11, 5	12, 7	55	42	44	47	0	2	0	SW	W	SW	10	6, 0
19	14, 2	15, 3	15, 8	15, 1	57	50	56	54	0	3	0	W	NW	?	10	5, 9
20	10, 1	12, 3	11, 6	11, 3	69	42	50	54	4	2	0	NE	NW	SE	6	4, 5
21	15, 0	9, 9	10, 9	11, 9	66	33	49	49	0	0	0	S	NW	S	7	5, 1
22	13, 2	9, 6	11, 9	11, 6	57	30	49	45	0	0	0	?	NW	SE	4	6, 2
23	12, 4	12, 5	13, 1	12, 7	50	38	48	45	0	0	0	W	NW	SE	3	6, 4
24	10, 3	9, 8	8, 2	9, 4	40	29	30	33	0	0	0	SW	NW	SW	10	8, 2
25	10, 5	11, 2	10, 2	10, 6	45	36	38	40	0	2	0	W	NW	SW	11	7, 5
26	13, 9	14, 3	12, 7	13, 6	65	50	49	55	0	3	0	?	W	SW	6	6, 8
27	14, 0	14, 4	15, 4	14, 6	57	75	85	72	4	8	2	SW	W	SE	12	5, 5
28	14, 0	12, 0	11, 7	12, 6	73	51	58	61	3	2	0	?	W	S	2	2, 5
29	13, 1	13, 3	12, 0	12, 8	65	66	81	71	5	10	10	?	SW	W	7	3, 5
30	11, 6	10, 8	10, 3	10, 9	81	76	71	76	7	10	0	?	W	S	4	2, 0
31	7, 6	6, 9	8, 8	7, 8	47	33	48	43	0	0	0	W	?	?	6	3, 0
	12, 0	11, 0	11, 6	11, 5	58	43	53	51	2	3	1				7	5, 3

Tens. del vapor acq. mass. 16, 4 mm g. 4
» » » » min. 6, 8 » 11
» » » » media 11, 5

Umidità relativa mass. 86 g. 4
» » min. 26 » 11
» » media 51

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0	3	1	13	8	14	28	15

Media nebulosità nel mese in decimi: 2

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

SETTEMBRE 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	752, 6	751, 6	751, 7	752, 0	21, 1	25, 0	21, 1	25, 1	17, 0	21, 1		
2	751, 5	751, 1	752, 6	751, 7	20, 9	22, 0	20, 0	23, 8	18, 0	20, 7	10, 7	pioggia
3	754, 3	753, 9	754, 6	754, 3	20, 0	24, 4	22, 3	25, 0	17, 3	21, 2		
4	757, 8	756, 2	756, 2	756, 7	21, 6	26, 0	23, 4	26, 5	18, 4	22, 5		
5	757, 0	754, 7	755, 6	755, 8	22, 6	27, 0	24, 2	28, 0	19, 9	23, 7		
6	755, 6	753, 7	754, 7	754, 7	22, 6	27, 6	25, 3	28, 4	21, 0	24, 3		
7	756, 9	755, 9	755, 5	756, 1	22, 8	26, 0	23, 9	26, 4	20, 7	23, 4		
8	752, 3	750, 2	751, 4	751, 3	21, 0	24, 6	20, 2	26, 0	16, 2	20, 8	1, 5	pioggia
9	750, 8	750, 5	751, 8	751, 0	19, 9	25, 8	22, 9	26, 4	17, 7	21, 7		
10	753, 8	752, 4	752, 3	752, 8	24, 0	27, 2	23, 8	27, 2	20, 4	23, 8		
11	749, 3	749, 0	749, 6	749, 3	24, 8	28, 6	24, 5	28, 9	18, 8	24, 2		
12	748, 2	747, 7	747, 9	747, 9	25, 6	28, 2	25, 1	28, 4	21, 9	25, 2		
13	750, 0	751, 6	755, 8	752, 5	23, 8	24, 2	19, 4	27, 2	19, 4	22, 4		
14	760, 3	759, 8	760, 3	760, 1	17, 2	22, 2	19, 9	23, 9	15, 2	19, 0		
15	760, 4	758, 7	758, 5	759, 2	19, 6	24, 2	21, 4	24, 9	15, 0	20, 2		
16	758, 4	756, 8	757, 2	757, 5	20, 6	25, 2	22, 0	26, 0	17, 2	21, 4		
17	757, 6	757, 8	757, 7	757, 7	21, 8	26, 2	22, 7	26, 5	18, 1	22, 3		
18	758, 7	757, 4	757, 5	757, 9	21, 3	27, 0	23, 4	27, 4	19, 6	22, 9		
19	758, 2	756, 7	757, 4	757, 4	23, 7	27, 2	24, 6	27, 3	21, 2	24, 2		
20	756, 0	753, 1	754, 1,	754, 4	20, 0	27, 0	24, 2	27, 3	18, 6	22, 5		
21	754, 2	754, 4	756, 1	754, 9	20, 7	24, 0	19, 8	24, 2	18, 8	20, 9		
22	756, 7	754, 2	752, 2	754, 4	18, 6	23, 6	21, 0	24, 4	16, 0	20, 0		
23	746, 8	744, 2	744, 8	745, 3	24, 4	29, 6	20, 7	29, 6	17, 4	23, 0	0, 2	pioggia
24	746, 9	748, 4	751, 2	748, 8	21, 3	21, 4	18, 9	23, 2	17, 8	20, 3	13, 9	pioggia
25	755, 5	755, 4	756, 6	755, 8	19, 0	23, 0	20, 7	23, 3	17, 7	20, 2		
26	758, 0	757, 4	757, 1	757, 8	20, 2	24, 0	22, 0	24, 2	18, 1	21, 1		
27	754, 7	753, 1	753, 2	753, 7	20, 3	18, 6	18, 1	23, 0	17, 4	19, 7	49, 1	pioggia
28	752, 0	750, 4	751, 0	751, 1	18, 8	22, 4	19, 8	23, 6	16, 2	19, 6		
29	753, 7	753, 5	754, 1	753, 8	18, 4	21, 4	19, 9	21, 8	17, 0	19, 3	incalc	pioggia
30	752, 5	750, 4	749, 9	750, 9	18, 6	23, 0	20, 7	23, 5	15, 4	19, 6		
	754, 4	753, 3	754, 0	753, 9	21, 2	24, 9	21, 9	25, 7	18, 1	21, 7	75, 4	

Altezza barometrica massima 760, 4 (mm) g. 15
» » minima 744, 2 » 23
» » media 753, 9

Temperatura massima 29°, 6 g. 23
» minima 15, 0 » 15
» media 21, 7

Temporale nei giorni 8, 23, 24, 27.
Nebbia nel giorno 21.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

SETTEMBRE 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilom. all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	9h	15h	21h		
																mm.
1	9,3	9,8	11,5	10,2	50	42	62	51	0	5	0	?	W	SE	6	4,1
2	13,0	14,5	14,8	14,1	71	74	85	77	3	8	0	W	W	?	7	3,0
3	14,4	14,7	13,2	14,1	83	65	66	71	6	5	0	SE	W	SW	2	1,8
4	12,2	10,5	12,7	11,8	64	42	59	55	0	2	0	?	W	S	9	3,0
5	12,3	14,5	11,1	12,6	60	55	49	55	0	2	0	N	N	SW	5	2,7
6	11,3	13,4	11,2	12,0	56	49	47	51	2	3	0	W	SW	SW	10	5,2
7	13,7	14,1	17,1	15,0	66	56	77	66	0	5	0	W	?	SE	4	4,3
8	13,8	12,6	12,2	12,9	75	55	69	66	6	8	0	SE	SW	?	6	3,0
9	13,9	10,8	12,4	12,4	80	44	60	61	6	8	2	?	SW	S	12	3,5
10	12,0	10,4	10,0	10,8	54	39	46	46	0	3	0	SW	SW	SW	22	4,7
11	11,7	10,8	8,4	10,0	46	37	37	40	2	3	0	N	SW	S	21	4,5
12	10,0	10,1	10,1	10,4	45	35	45	42	0	2	0	SW	SW	SW	26	5,8
13	9,5	12,5	11,5	11,2	43	56	68	56	0	3	9	SW	SW	NW	21	7,5
14	9,8	9,2	10,6	9,9	67	46	61	58	0	0	0	NW	NW	S	1	7,2
15	9,8	9,7	9,8	9,8	57	43	52	51	0	0	0	?	W	S	1	3,1
16	9,9	8,5	10,6	9,7	55	36	54	48	0	0	0	SW	NW	S	3	3,8
17	9,8	10,6	12,6	11,0	51	42	61	51	0	0	0	?	?	S	4	3,5
18	11,8	12,1	14,0	12,6	63	46	65	58	7	5	4	?	SW	?	2	3,6
19	11,4	12,3	11,0	11,9	52	46	48	49	3	8	5	W	SW	?	3	5,0
20	12,3	15,2	14,8	14,1	71	57	66	65	3	4	0	?	W	?	1	3,0
21	15,3	13,0	11,7	13,3	84	58	68	70	10	2	0	W	W	SE	2	2,3
22	11,7	11,6	15,8	13,0	73	54	85	71	0	5	4	NW	NW	SE	4	2,8
23	11,8	9,8	12,8	11,5	61	32	70	54	7	8	9	SW	SW	SE	17	3,0
24	14,0	13,0	14,8	13,9	74	68	91	78	7	10	10	SE	SE	S	15	0,3
25	14,1	14,1	14,0	14,1	86	67	77	77	10	5	4	NW	NW	W	9	1,8
26	13,5	14,6	16,0	14,7	77	66	81	75	0	2	0	W	W	?	4	2,5
27	15,6	15,3	14,1	15,0	88	96	91	92	3	10	2	SW	NW	W	3	1,1
28	13,2	13,6	15,2	14,0	82	68	89	80	0	2	6	?	W	NE	1	2,6
29	13,9	13,0	13,9	13,6	88	68	80	79	10	3	3	?	NW	SE	1	2,5
30	12,7	12,0	10,1	11,6	80	57	56	64	0	3	2	?	?	SW	5	2,7
	12,3	12,2	12,6	12,4	67	53	66	62	3	4	2				8	3,3

Tens. del vapor acq. mass. 17,1 g. 7
» » » » min. 8,4 » 11
» » » » media 12,4

Umidità relativa mass. 96 g. 27
» » min. 32 » 23.
» » media 62

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
3	1	0	10	8	22	17	10

Media nebulosità nel mese in decimi: 3

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m,8)

OTTOBRE 1918 — Tempo medio dell'Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	749,5	751,1	751,6	750,7	20,9	23,0	15,8	23,3	15,8	19,0		
2	755,3	756,6	759,6	757,2	10,0	12,2	12,7	15,8	10,0	12,1	4,2	pioggia
3	760,5	758,2	757,7	758,8	11,2	15,0	11,7	15,1	9,1	11,8		
4	754,9	753,2	754,6	754,2	12,6	16,2	13,4	16,5	8,9	12,8		
5	755,6	755,3	758,2	756,4	10,3	15,4	14,0	16,0	9,1	12,4		
6	761,1	760,2	760,6	760,6	12,3	16,6	14,8	17,2	10,9	13,8		
7	760,0	758,8	758,2	759,0	14,8	19,0	16,0	19,2	12,1	15,5		
8	754,4	750,8	747,3	750,8	15,2	20,0	15,8	20,3	11,0	15,6		
9	749,4	751,9	755,8	752,4	9,4	9,4	9,4	17,3	8,8	11,2	12,4	pioggia
10	760,0	759,3	758,1	759,1	10,8	11,6	12,2	12,2	9,4	11,2	9,4	pioggia
11	755,6	754,5	754,5	754,9	13,0	14,6	13,0	14,8	12,1	13,2	30,2	pioggia
12	753,4	752,9	753,2	753,2	13,0	17,2	15,9	18,1	10,7	14,4		
13	752,6	751,9	752,4	752,3	14,5	14,4	14,2	16,5	13,7	14,7	2,7	pioggia
14	750,8	749,5	748,3	749,5	13,8	16,4	15,6	16,4	13,1	14,7	2,7	pioggia
15	744,5	745,3	745,5	745,1	12,5	13,0	12,9	15,6	11,9	13,2	32,2	pioggia
16	746,5	747,3	748,2	747,3	12,4	15,6	12,6	15,9	11,6	13,1	0,2	pioggia
17	749,0	749,3	749,7	749,3	12,0	14,0	10,2	14,0	10,2	11,6	5,6	pioggia
18	750,0	749,0	749,4	749,5	8,8	10,4	10,6	11,0	8,1	9,6	5,2	pioggia
19	748,6	750,4	753,4	750,8	11,9	13,4	11,8	14,2	10,3	12,0	9,2	pioggia
20	757,0	757,4	758,6	757,7	13,8	16,2	13,4	16,6	10,0	13,4		
21	761,4	762,0	762,5	762,0	10,8	11,4	11,4	13,4	10,3	11,5	0,7	pioggia
22	761,4	760,4	760,8	760,9	12,4	15,4	14,2	15,9	10,2	13,2		
23	759,7	757,1	756,6	757,8	13,2	16,4	13,9	16,9	12,0	14,0		
24	754,4	753,2	752,9	753,5	13,0	16,2	15,0	16,4	12,1	14,1	11,7	pioggia
25	750,5	748,7	748,0	749,1	13,2	16,0	12,8	16,6	12,7	13,8	0,3	pioggia
26	746,8	746,6	747,8	747,1	11,2	15,4	12,0	15,8	9,9	12,2		
27	753,1	754,6	757,4	755,0	9,6	12,2	9,4	12,6	7,1	9,7	0,4	pioggia
28	761,5	761,4	762,5	761,8	9,0	13,0	9,4	13,0	7,6	9,8		
29	762,2	762,6	763,2	762,7	8,6	10,2	6,6	11,4	6,1	8,2		
30	761,6	758,5	758,3	759,5	7,0	11,0	7,1	11,0	4,9	7,5		
31	755,0	753,9	754,8	754,6	3,2	7,4	7,4	8,0	2,7	5,3		
	754,7	754,3	754,8	754,6	11,8	14,5	12,4	15,4	10,1	12,4	127,1	

Altezza barometrica massima 763,2 (mm.) g. 29
» » minima 744,5 » 15
» » media 754,6

Temperatura massima 23,3 (°) g. 1
» minima 2,7 » 31
» media 12,4

Nebbia nei giorni 4, 21, 24, 26, 27, 31.
Rugiada abbondante nel giorno 30.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

OTTOBRE 1918 — Tempo medio dell'Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilom. all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	9h	15h	21h		
																mm
1	11,4	10,4	10,5	10,7	62	50	79	64	5	10	10	SW	SW	W	16	4,7
2	8,4	6,6	8,8	7,9	92	63	80	78	10	8	10	N	?	?	3	1,4
3	7,1	7,6	5,8	6,8	71	60	56	62	1	5	0	W	W	S	4	2,3
4	5,2	5,7	8,1	6,3	48	41	71	53	4	2	7	SW	?	?	6	2,9
5	7,3	8,1	7,6	7,7	78	63	64	68	9	8	0	NW	W	W	5	2,3
6	6,8	7,9	7,7	7,5	64	56	62	61	0	3	0	W	W	W	3	2,9
7	6,4	6,7	9,1	7,4	51	41	67	53	0	0	0	W	W	W	6	2,8
8	7,2	5,4	6,5	6,4	56	31	71	53	0	0	9	?	W	SW	7	2,5
9	8,3	7,9	8,8	8,3	95	89	100	95	10	10	10	NE	NW	SW	11	2,8
10	8,9	9,7	10,1	9,6	92	95	95	94	10	10	10	W	NW	W	9	1,2
11	10,6	5,2	9,2	8,4	85	42	83	73	10	10	3	W	W	W	7	1,2
12	9,8	11,1	9,7	10,2	88	76	72	79	0	5	3	?	W	SE	3	1,3
13	8,9	11,9	10,8	10,5	73	98	90	87	8	10	9	SE	W	S	10	1,4
14	11,2	12,1	12,3	11,9	95	87	93	92	10	10	10	SE	?	?	4	0,8
15	9,4	10,1	10,4	10,0	87	91	91	90	8	10	10	SW	NW	W	8	1,0
16	9,8	7,3	9,3	8,8	92	55	86	78	7	10	10	?	SW	S	7	1,3
17	9,6	9,5	8,1	9,1	91	80	87	86	3	10	2	W	?	W	4	1,5
18	7,8	8,7	9,0	8,5	92	92	95	93	10	10	10	NW	W	SW	6	1,1
19	9,5	10,4	9,3	9,7	91	91	90	91	4	5	0	W	?	W	1	0,7
20	7,7	8,2	7,8	7,9	66	60	69	65	0	8	3	SW	?	S	7	1,2
21	8,4	9,6	9,4	9,1	87	95	94	92	10	10	7	W	NW	W	5	1,0
22	8,8	10,0	9,9	9,6	82	77	81	80	3	8	6	W	?	W	6	1,2
23	9,7	10,4	10,8	10,3	86	75	91	84	5	10	10	SW	?	?	5	1,6
24	11,0	11,0	11,3	11,1	99	79	89	89	10	10	10	SE	?	?	1	0,9
25	9,9	9,3	9,7	9,6	87	69	88	81	4	5	10	W	NW	NW	2	1,1
26	8,6	8,9	8,7	8,7	86	68	83	79	0	0	0	NW	NW	?	4	1,9
27	8,2	7,4	7,3	7,6	92	70	83	82	10	3	0	E	W	?	3	1,0
28	7,3	5,7	6,0	6,3	85	51	69	68	0	2	0	?	SW	S	6	1,2
29	6,1	6,9	6,0	6,3	73	74	82	76	0	3	0	SW	NW	S	11	1,4
30	5,8	6,7	6,6	6,4	77	68	87	77	0	0	0	SW	NW	?	2	1,5
31	5,7	7,2	7,2	6,7	98	94	94	95	10	10	10	NW	?	SE	2	1,1
	8,4	8,5	8,8	8,6	82	70	82	78	5	7	5				6	1,7

Tens. del vapor acq. mass. 12,3 g. 14
» » » » min. 5,2 » 4
» » » » med. 8,6

Umid. relat. mass. 100 g. 9
» » min. 31 » 8
» » media 78

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
4	1	4	5	6	13	31	13

Media nebulosità nel mese in decimi: 6

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

NOVEMBRE 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	754, 2	753, 3	753, 2	753, 6	6, 7	8, 2	8, 2	8, 6	6, 0	7, 4		
2	752, 9	752, 2	752, 4	752, 5	9, 4	11, 4	11, 2	11, 5	7, 6	9, 9		
3	751, 8	751, 7	753, 2	752, 2	9, 9	11, 2	11, 0	11, 8	9, 4	10, 5		
4	756, 1	756, 8	758, 6	757, 2	11, 1	12, 4	12, 1	12, 6	11, 0	11, 7		
5	760, 9	761, 5	762, 2	761, 5	12, 5	14, 2	13, 6	14, 4	11, 9	13, 1	0, 6	pioggia
6	761, 1	760, 0	759, 7	760, 3	13, 7	15, 8	13, 9	16, 0	13, 1	14, 2		
7	759, 9	759, 0	759, 7	759, 5	12, 8	14, 2	13, 6	14, 4	9, 8	12, 6	3, 7	pioggia
8	760, 4	760, 4	761, 2	760, 7	12, 8	13, 8	13, 6	14, 0	12, 4	13, 2	1, 1	pioggia
9	763, 0	762, 7	763, 8	763, 2	13, 3	14, 5	14, 1	14, 5	13, 3	13, 8	4, 0	pioggia
10	765, 7	765, 6	765, 7	765, 7	13, 7	15, 2	14, 2	15, 3	13, 1	14, 1		
11	764, 0	761, 8	761, 7	762, 5	11, 5	14, 6	12, 1	15, 0	10, 3	12, 2		
12	760, 2	758, 3	758, 4	759, 0	10, 7	14, 2	12, 1	14, 4	9, 0	11, 6		
13	759, 3	759, 1	759, 9	759, 4	9, 8	11, 4	9, 3	12, 1	8, 8	10, 0	1, 6	pioggia
14	761, 1	760, 0	760, 7	760, 6	7, 0	8, 6	5, 5	9, 3	5, 5	6, 8		
15	760, 3	760, 4	760, 8	760, 5	4, 8	5, 5	3, 4	6, 2	3, 4	4, 4	incalc.	pioggia
16	760, 5	759, 9	758, 7	759, 7	1, 5	3, 2	3, 5	3, 9	1, 1	2, 5	incalc.	pioggia
17	757, 9	757, 0	757, 0	757, 3	1, 6	0, 6	1, 0	3, 7	0, 6	1, 7	3, 0	neve
18	753, 3	751, 2	751, 3	751, 9	2, 0	4, 4	4, 6	4, 6	0, 7	3, 0	1, 1	neve
19	753, 2	752, 8	754, 7	753, 6	4, 2	6, 5	5, 5	6, 8	3, 8	5, 1	3, 5	pioggia
20	759, 1	758, 5	760, 2	759, 3	3, 4	7, 2	4, 1	7, 6	1, 9	4, 2		
21	760, 5	759, 9	761, 1	760, 5	3, 2	7, 0	3, 8	7, 3	0, 8	3, 8		
22	763, 8	762, 8	763, 0	763, 2	1, 6	3, 6	1, 4	4, 1	1, 3	2, 1		
23	761, 8	760, 5	760, 9	761, 1	— 0, 2	1, 9	2, 0	2, 2	— 0, 5	0, 9		
24	759, 2	757, 0	756, 4	757, 5	0, 4	0, 9	1, 0	2, 2	— 0, 3	0, 8	2, 6	neve
25	754, 8	753, 0	753, 8	753, 9	1, 2	4, 8	1, 2	5, 0	— 0, 3	1, 8		
26	754, 4	754, 6	755, 2	754, 7	— 2, 1	2, 3	0, 2	3, 6	— 2, 9	— 0, 3		
27	753, 8	752, 4	752, 4	752, 9	1, 2	3, 1	2, 4	3, 3	— 0, 3	1, 6	0, 8	pioggia
28	753, 8	754, 0	754, 6	754, 1	3, 4	6, 1	2, 4	6, 3	1, 9	3, 5	5, 2	pioggia
29	753, 0	750, 2	751, 0	751, 4	0, 0	4, 2	1, 9	4, 4	— 1, 6	1, 2		
30	753, 0	752, 7	754, 1	753, 3	— 2, 0	0, 8	1, 4	1, 9	— 2, 3	— 0, 2		
	758, 1	757, 3	757, 9	757, 8	6, 0	8, 1	6, 8	8, 6	5, 0	6, 6	27, 2	

Altezza barometrica massima 765,7 mm g. 10 — Temperatura massima 16,0° g. 6
» » minima 750, 2 » 29 » minima — 2, 9 » 26
» » media 757, 8 » media 9, 6

Nebbia nei giorni 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 23, 24, 25, 26. 27, 29, 39.
Brina nei giorni 20, 21, 26, 29, 30.
Rugiada abbondante nei giorni 1, 11, 12.
Gelo nei giorni 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83^m, 8)

NOVEMBRE 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilom. all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9^h	15^h	21^h	Media	9^h	15^h	21^h	Media	9^h	15^h	21^h	9^h	15^h	21^h		mm.
1	6,7	7,4	7,4	7,2	91	92	92	92	0	10	10	W	N	?	2	1,0
2	7,8	8,3	8,3	8,1	88	83	84	85	3	10	10	N	?	?	1	0,3
3	9,0	8,9	9,3	9,1	99	90	95	95	10	10	10	?	?	?	0	0,7
4	9,7	10,2	9,9	9,9	99	95	94	96	10	10	10	SE	?	NW	2	0,4
5	9,3	10,4	10,5	10,1	86	87	91	88	10	10	10	W	NW	?	3	1,0
6	10,7	11,6	10,6	11,0	92	87	90	90	10	10	5	W	?	?	1	0,5
7	9,8	11,5	10,8	10,7	95	95	93	94	10	6	10	W	SE	?	3	0,3
8	10,9	11,3	11,5	11,2	99	97	99	98	10	10	10	?	?	?	0	0,1
9	11,2	11,1	10,8	11,0	99	90	90	93	10	10	10	?	?	W	0	1,2
10	10,3	10,0	9,1	9,8	89	77	76	81	9	7	3	W	NW	NW	2	0,6
11	9,0	9,4	8,1	8,8	89	76	77	81	4	5	0	W	?	W	2	1,0
12	7,7	7,6	9,0	8,1	80	63	85	76	0	3	10	SW	?	S	4	0,7
13	7,6	7,5	6,8	7,3	84	74	77	78	4	7	8	?	SE	SE	5	0,8
14	4,7	3,2	4,2	4,0	63	39	62	55	7	4	0	SE	SE	N	10	1,7
15	4,9	4,2	4,5	4,5	76	62	76	71	7	5	0	?	NE	?	3	1,2
16	4,0	4,7	4,4	4,4	78	81	75	78	7	10	10	W	W	?	5	0,8
17	4,0	4,8	4,8	4,5	79	100	88	89	10	10	10	W	W	W	6	0,7
18	4,7	5,0	5,3	5,0	89	81	84	85	10	10	10	NW	NW	W	5	0,1
19	5,3	4,3	4,3	4,6	85	59	63	69	10	10	8	W	NW	W	5	0,7
20	4,5	4,4	4,0	4,3	76	58	64	66	0	0	0	NW	NE	NW	4	1,0
21	4,1	4,5	4,0	4,2	71	60	67	66	0	2	0	W	N	NW	5	1,3
22	3,6	4,0	3,6	3,7	71	67	71	70	4	3	0	W	W	W	6	1,4
23	3,3	3,6	3,6	3,5	72	67	67	69	2	10	10	W	W	W	7	1,5
24	4,4	4,4	4,4	4,4	92	90	89	90	10	10	10	W	W	W	10	0,7
25	4,0	4,4	4,2	4,2	80	68	83	77	0	0	3	SW	?	?	5	0,3
26	3,7	4,7	4,5	4,3	94	87	96	92	10	0	0	?	?	NW	1	0,3
27	3,9	4,6	5,3	4,6	78	81	96	85	6	10	10	SW	NW	NW	4	0,3
28	5,2	5,8	4,7	5,2	88	82	86	85	10	8	0	W	NW	NW	6	0,3
29	4,3	5,4	5,3	5,0	94	87	100	94	0	0	10	NW	?	?	2	0,3
30	3,4	4,7	5,1	4,4	82	96	100	93	10	10	10	?	?	NW	1	0,0
	6,4	6,7	6,6	6,6	85	79	84	83	6	7	7				4	0,7

Tens. del vapor acq. mass. ^{mm}11,6 g. 6
» » » » min. 3,2 » 14
» » » » media 6,6

Umidità relativa mass. 100 g. 17, 29, 30
» » min. 39 » 14
» » media 83

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
4	2	0	6	1	3	27	17

Media nebulosità nel mese in decimi: 7

Osservazioni meteorologiche

fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8,

DICEMBRE 1918 — Tempo medio dell' Europa centrale

Giorni del mese	Barometro ridotto a 0° C. 9h	15h	21h	Media	Temperatura centigrada 9h	15h	21h	Mass.	Min.	Media mass. min. 9h, 21h	Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse	Forma delle precipitazioni
	mm.	mm.	mm.	mm.	o	o	o	o	o	o	mm.	
1	757, 4	757, 4	759, 8	758, 2	— 0, 6	4, 6	2, 2	4, 7	— 1, 1	1, 3		
2	761, 2	760, 7	760, 5	760, 8	— 1, 1	2, 9	— 1, 7	3, 2	— 3, 8	— 0, 8		
3	760, 0	758, 7	758, 6	759, 1	— 3, 6	1, 0	0, 6	1, 8	— 4, 2	— 1, 4		
4	756, 6	755, 9	757, 6	756, 7	1, 0	6, 1	5, 3	6, 3	— 0, 9	2, 9		
5	759, 1	758, 3	758, 6	758, 7	5, 4	8, 8	6, 1	9, 2	3, 4	6, 0		
6	758, 0	755, 9	755, 5	756, 5	4, 7	7, 8	6, 0	7, 9	3, 1	5, 4		
7	755, 9	755, 8	755, 8	755, 8	4, 7	8, 0	5, 7	8, 2	3, 6	5, 6		
8	755, 2	755, 0	756, 4	755, 5	5, 5	7, 1	6, 6	7, 2	5, 0	6, 1		
9	758, 9	759, 0	759, 5	759, 1	6, 4	8, 4	7, 7	9, 2	6, 1	7, 4		
10	760, 6	760, 5	761, 0	760, 7	6, 4	6, 7	6, 5	8, 0	6, 0	6, 7		
11	761, 1	759, 6	758, 4	759, 7	6, 3	7, 8	7, 0	8, 0	5, 9	6, 8		
12	757, 9	759, 1	759, 6	758, 9	6, 0	6, 9	5, 8	7, 2	5, 8	6, 2		
13	756, 3	754, 7	757, 0	756, 0	3, 4	6, 3	5, 2	6. 4	3, 2	4, 6		
14	763, 3	764, 4	766, 2	764, 6	4, 4	5, 3	4, 7	5, 4	4, 0	4, 6		
15	767, 6	766, 5	765, 8	766, 6	4, 5	4, 9	4, 1	5, 1	4, 1	4, 4		
16	762, 9	760, 1	759, 7	760, 9	2, 6	3, 9	3, 0	4, 1	2, 1	3, 0		
17	758, 1	756, 1	756, 6	756, 9	3, 0	4, 3	4, 4	4, 6	2, 8	3, 7	1, 5	pioggia
18	757, 6	757, 0	755, 7	756, 8	4, 7	8, 0	3, 9	8, 3	3, 9	5, 2	2, 7	pioggia
19	747, 4	743, 4	742, 2	744, 3	3, 0	3, 5	3, 9	4, 6	2, 1	3, 4		
20	744, 1	742, 8	743, 7	743, 5	3, 1	7, 3	3, 4	7, 3	2, 2	4, 0		
21	750, 2	752, 2	754, 6	752, 3	4, 1	8, 4	7, 0	8, 6	2, 8	5, 6		
22	752, 6	751, 9	753, 2	752, 6	4, 8	4, 4	4, 2	7, 3	2, 6	4, 7		
23	752, 4	750, 2	752, 7	751, 8	3, 1	5, 5	4, 3	5, 7	2, 8	4, 0		
24	748, 8	748, 2	747, 5	748, 2	3, 7	5, 2	4, 6	5, 3	3, 0	4, 2		
25	748, 6	749, 5	751, 6	749, 9	4, 3	5, 6	4, 4	5, 7	4, 0	4, 6		
26	754, 5	754, 7	755, 9	755, 0	4, 4	5, 0	4, 2	5, 1	4, 0	4, 4	0, 3	pioggia
27	757, 3	756, 2	756, 2	756, 6	3, 5	5, 6	3, 7	5, 8	3, 2	4, 0		
28	755, 7	754, 3	753, 2	754, 4	3, 4	6, 0	4, 1	6, 2	1, 9	3, 9		
29	753, 0	752, 4	753, 0	752, 8	2, 4	6, 1	3, 9	6, 5	2, 2	3, 8		
30	752, 8	750, 8	750, 4	751, 3	2, 9	7, 4	4, 4	7, 8	1, 7	4, 2		
31	746, 4	744, 8	746, 1	745, 8	4, 0	6, 2	4, 9	11, 3	3, 4	5, 9	incalc.	pioggia
	755, 9	755, 0	755, 6	755, 5	3, 6	6, 0	4, 5	6, 5	2, 7	4, 3	4. 5	

Altezza barometrica massima 767, 6 (mm) g. 15
» » minima 742, 2 » 19
» » media 755, 5

Temperatura massima 11, 3 (°) g. 31
» minima — 4, 2 » 3
» media 4, 3

Nebbia nei giorni 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27. 31.
Brina nei giorni 1, 2, 3.
Gelo nei giorni 1, 2, 3, 4.

Osservazioni meteorologiche
fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

DICEMBRE 1918 — Tempo medio dell'Europa centrale

Giorni del mese	Tensione del vapore acqueo in millimetri				Umidità relativa in centesimi				Nebulosità in decimi			Provenienza del vento			Velocità media del vento in chilometri all'ora	Evaporazione nelle 24 ore
	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	Media	9h	15h	21h	9h	15h	21h		
																mm.
1	4,2	4,7	4,5	4,5	96	74	84	85	0	2	3	W	W	SW	6	0,2
2	3,7	4,4	4,0	3,9	88	78	98	88	0	0	10	?	?	NW	0	0,8
3	3,4	4,6	4,4	4,1	98	92	92	91	10	4	10	NW	W	SW	3	0,6
4	4,0	4,5	4,3	4,3	81	64	65	70	0	0	0	W	?	NW	5	0,4
5	5,1	5,5	5,3	5,3	75	65	74	71	0	0	0	W	?	SW	5	1,0
6	4,8	4,9	5,3	5,0	74	67	76	72	0	0	0	W	?	W	4	0,8
7	5,2	5,8	5,9	5,6	82	72	86	80	0	0	10	?	?	?	2	0,6
8	5,7	6,3	6,4	6,1	84	84	88	85	10	8	10	NW	W	?	2	0,3
9	6,6	7,2	7,3	7,0	91	87	93	90	10	10	10	?	?	?	0	0,4
10	7,1	7,1	7,2	7,1	98	97	100	98	10	10	10	?	?	?	0	0,2
11	6,7	7,0	7,0	6,9	94	89	94	92	10	10	10	?	W	NW	1	0,0
12	7,0	6,7	6,3	6,7	100	90	91	94	10	10	10	W	NW	NW	2	0,2
13	5,6	6,6	6,6	6,3	95	92	100	96	10	10	10	?	NW	NW	2	0,2
14	6,2	6,5	6,3	6,3	98	97	98	98	10	10	10	?	?	?	0	0,0
15	6,0	6,0	6,0	6,0	95	95	98	96	10	10	10	W	NW	NW	4	0,0
16	5,4	6,0	5,7	5,7	98	98	100	99	10	10	10	W	NW	?	4	0,0
17	5,6	5,9	6,2	5,9	98	95	98	97	10	10	8	?	NW	NW	2	0,1
18	6,2	6,0	6,0	6,1	97	75	98	90	6	0	10	N	NE	N	2	0,1
19	5,7	5,7	5,4	5,6	100	97	88	95	10	10	10	W	NW	NW	5	0,0
20	4,6	5,4	5,2	5,1	80	70	90	80	0	0	0	W	S	N	7	0,6
21	2,9	4,1	2,8	3,3	47	50	37	45	0	0	0	W	NW	W	10	1,7
22	3,1	4,1	4,0	3,7	47	65	65	59	7	10	10	E	N	W	8	1,9
23	4,4	4,8	4,9	4,7	76	71	79	75	3	7	2	W	N	W	2	0,7
24	5,3	5,5	5,7	5,5	88	83	90	87	10	10	10	W	?	?	2	0,3
25	5,5	6,0	5,6	5,7	89	88	89	89	10	10	10	NW	?	?	3	0,1
26	5,6	5,7	5,6	5,6	89	87	90	89	10	10	10	NW	NW	NW	4	0,2
27	5,0	4,3	4,6	4,6	85	64	76	72	10	10	0	W	NW	W	7	0,7
28	3,3	3,9	4,5	3,9	57	56	74	62	0	2	10	SW	W	?	6	1,2
29	4,3	4,1	4,8	4,4	79	59	78	72	0	0	0	?	?	W	1	0,6
30	4,8	5,4	4,8	5,0	84	70	77	77	0	0	6	?	S	SE	3	0,4
31	6,1	6,6	6,4	6,4	100	92	98	97	10	10	10	SE	W	W	10	0,2
	5,1	5,5	5,5	5,4	86	79	86	84	6	6	7				4	0,5

Tens. del vapor acq. mass. 7,3 mm g. 9
» » » » min. 2,8 » 21
» » » » media 5,4

Umidità relativa mass. 100 g. 10, 12, 13, 16, 19, 31
» » min. 37 » 21
» » media 84

Proporzione dei venti nel mese

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
5	1	1	2	2	4	27	21

Media nebulosità nel mese in decimi: 6

SULLO SVILUPPO DELLA FUNZIONE VASOMOTORIA NEGLI ANIMALI

RICERCHE

DEL

Prof. Sen. PIETRO ALBERTONI

lette nella Sessione del 4 Maggio 1919.

Si conoscono molti fatti i quali dimostrano che negli animali e nell'uomo le funzioni si sviluppano mano mano nella vita extrauterina e coll'esercizio.

Soltmann (1) nel 1876 ha veduto che la zona motrice della corteccia cerebrale del cane incomincia ad essere eccitabile elettricamente soltanto verso il tempo nel quale il cane apre gli occhi, cioè al 9°, o 10° giorno; e questo fatto è confermato da de Tarchanoff, da Albertoni, da Bechterieff e da Galante (2), che si è valso del curaro, quale agente stimolante, invece che dell'elettricità; mentre Marcacci e Paneth avrebbero trovato anche nei cani il cervello eccitabile già nel primo giorno di vita.

Lo stesso Soltmann (3) mediante l'eccitazione elettrica dei lobi cerebrali anteriori non poteva produrre nei cani neonati la depressione dei reflessi, che secondo le esperienze di Simonoff si ottiene invece nei cani adulti. E mediante l'irritazione diretta dei nervi sensitivi negli animali adulti vengono eccitati certi meccanismi spinali di arresto dei reflessi, i quali sono inattivi nei neonati (Soltmann).

Questi fatti spinsero poi il Soltmann a ricercare se negli animali neonati anche il sistema d'arresto cardiaco non sia ancora attivo. Infatti per produrre un rallentamento del cuore nei neonati occorrevano correnti assai più forti di quelle necessarie per gli adulti; sovente non si otteneva rallentamento, o almeno non si otteneva di tutto il cuore. Il taglio dei vaghi nei neonati non produce per sè nessuna modificazione del battito cardiaco. Questi fatti spiegano secondo Soltmann la grande frequenza del polso nei neonati, l'azione cardiaca sovente intermittente e irregolare, l'irregolarità della respi-

(1) O. Soltmann — Esperimentelle Studien ueber die Functionen des Grosshirns der Neugebr. Jahrb. f. Kinderheilk. N. F. IX, 106.

(2) Emm. Galante — Studi sull'eccitabilità della corteccia cerebrale nei cani neonati. Rivista di Patol. nervosa e mentale, 1910, fasc. 2, pag. 92.

(3) O. Soltmann — Ueber das Hemmungsnervensystem der Neugeborenen. Jahrbuch. f. Kinderheilk. XI. 1. Centralbl. f. Med. Wissen. 1877, p. 471.

razione, ed altri fenomeni. Bottazzi (1) ha osservato l' inefficacia delle stimolazioni del cuore del pulcino agli ultimi giorni di incubazione.

L' *eccitabilità dei nervi motori* per lo stimolo elettrico è nei neonati minore che negli adulti, aumenta dal parto fino alla fine della 5ª settimana, per eguagliare poi quella degli adulti e sorpassarla. Il tetano che si produce nei muscoli di conigli è uguale a quello prodotto negli adulti stanchi (2).

Westphal attribuiva la minore eccitabilità dei nervi nei neonati al minore sviluppo della guaina midollare.

Nel 1880 ebbi ad osservare (3) che i nervi vasodilatatori non rispondono allo stimolo elettrico nei primi giorni di vita e le presenti mie esperienze sono dirette ad esaminare il contegno dell' apparecchio vasomotore negli animali neonati. Esse sono state eseguite nei cani e nei capretti. I risultati sono molto notevoli, quantunque le esperienze non abbiano ancora avuto tutta l' estensione voluta, per insufficienza di materiale.

Mi sono valso dell' asfissia e dell' adrenalina che sono, come è ben noto, fra i più potenti eccitanti dell'apparecchio vasomotore, esaminando i cangiamenti della pressione sanguigna prima e dopo l' azione di detti agenti.

Riferisco estesamente alcune delle mie esperienze ed i relativi tracciati grafici ben rappresentano tutte le modalità dei fenomeni.

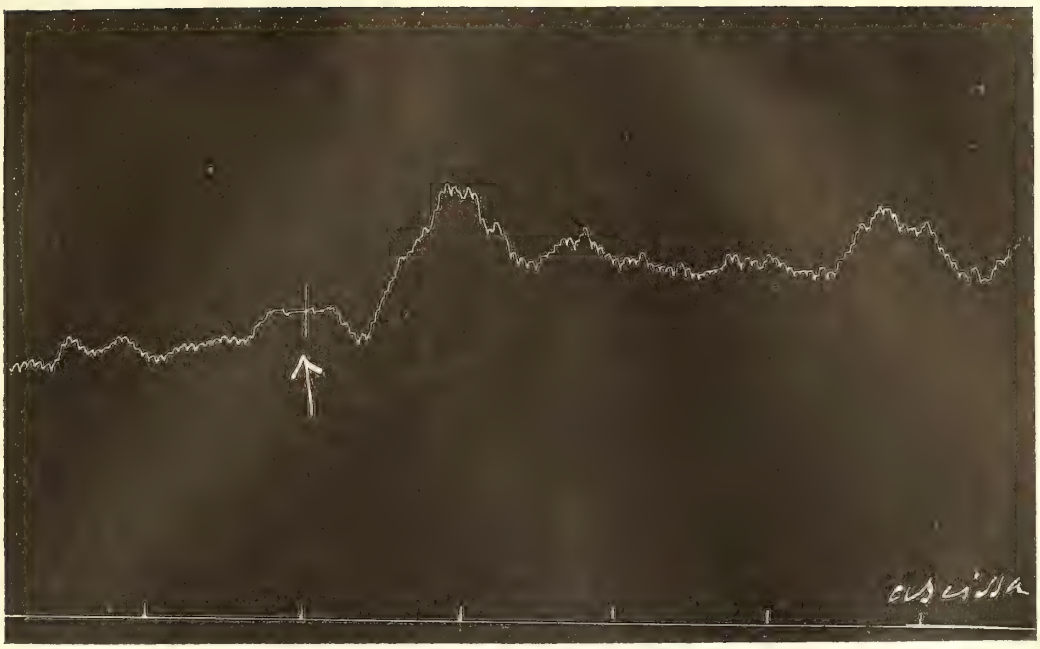
Esperienza *13 Febbraio* — Cane neonato di 3 giorni, peso gr. 460, occhi chiusi. Manometro a Hg nella carotide destra. Cannula per l' iniezione nella vena giugulare destra.

Tempo	Numero dei battiti in 10″	Frequenza per 1′	Pressione arteriosa min. e mass.
Ore 16 e 10″	21	126	mm. Hg. 64-74
20″	20	120	» 66-80
Iniezione nella vena giugulare destra 1 cc. sol. 1:1000 Adrenalina Clin.			
30″	21	126	» 72-112
40″	22	132	» 90-110
50″	22	132	» 88-96
60″	24	144	» 83-108
1′ e 10″	24	144	» 88-104
20″	29	174	» 94-100
30″	33	198	» 100-106
40″	27	162	» 84-102
50″	33	198	» 98-104
60″	33	198	» 94-102
2′ e 10″	34	204	» 94-102

(1) F. Bottazzi — Sullo sviluppo embrionale della funzione motoria negli organi a cellule muscolari. Firenze 1897, p. 113 e seg.

(2) O. Soltmann — Ueber einige physiologische Eigenthümlichkeiten der Muskeln und Nerven des Neugeborenen. Jahrb. f. Kinderheilk. XII. H. 1 e 2. Centralbl. f. die Med. Wissen. 1878, pg. 348.

(3) Pietro Albertoni — Contributo alla fisiologia del feto e del neonato. - Lo sperimentale, 1880, Giugno.



Tracciato della pressione arteriosa nel cane neonato di 3 giorni. Manometro a mercurio nella carotide destra.
In ↑ s'inietta nella vena giugulare destra 1 cc. di soluzione 1 : 1000 di adrenalina Clin. Sull'ascissa è segnato il tempo di 10″ in 10″.

17 Maggio 1916 — Cane neonato (giorni 5) del peso di grammi 600 - Iniezione nella giugulare di adrenalina. Manometro a mercurio nella carotide sinistra.

Tempo	Pressione arteriosa (mass. e min.)	Pulsazioni	Frequenza del polso al 1′	Osservazioni
10″	mm. 76-60	40	240	Oscillaz. respiratorie ben manifeste
20″	» 84-64	38	228	id.
Iniezione nella giugulare sinistra $^1/_4$ cc. sol. adrenalina Clin. 1 : 1000.				
30″	da mm. 96 a 88	18	108	Le oscillaz. respirat. sono sospese
40″	mm. 98-82	18	108	id.
50″	» 98-82	20	120	»
60″	» 102-86	22	132	»
70″	» 104-94	23	138	»
Iniezione id. id. ($^1/_4$ cc. sol. adrenalina c. s.)				
80″	mm. 96	23	138	»
90″	» 100-96	22	132	»
100″	» 100-96	22	132	»
110″	» 94-88	18	108	»
120″	» 92-82	17	102	»
130″	» 90	18	108	»
140″	» 88	18	108	»
150″	» 100-95	24	144	»
160″	» 98-88	27	162	»
170″	» 88	21	126	»
180″	» 86	20	120	»

24 Maggio 1916 — Cane neonato di 12 giorni del peso di Kg. 1,070 - occhi chiusi. — Iniezione nella giugulare di cc. 1,5 ol. 1 % di curaro Grubler - Respirazione artificiale. Manometro a mercurio nella carotide destra.

Tempo	Pressione arter. mass. e min.	Numero delle pulsazioni	Frequenza del polso al 1′	Osservazioni
10″	mm. 70-60	34	204	
20″	» 70-62	34	204	
30″	» 72-64	35	210	
Si sospende la respirazione artificiale.				
40″	» 70-64	32	192	
50″	» 70-66	31	186	
60″	» 74-64	32	192	Si manifesta asfissia
70″	» 80-58	24	144	Oscillazioni estese della pressione e della frequenza del polso.
80″	» 80-60	17	102	id.
90″	» 80-60	17	102	»
100″	» 80-64	16	96	»
Si riprende la respirazione artificiale.				
110″	» 86-76	27	162	
120″	» 86-74	36	216	
130″	» 88-76	36	216	
140″	» 90-86	40	240	
150″	» 90-86	41	246	
160″	» 89-86	41	246	
170″	» 90-85	39	234	
Iniezione nella v. giugulare di ½ cc. adrenalina Clin 1 : 1000				
180″	» 96-82	25	150	
190″	» 96-86	20	120	
200″	» 96-84	17	102	
210″	» 98-82	17	102	
La pressione si mantiene alla stessa altezza. La frequenza del polso va aumentando ma di poco:				
dopo 1′,—	—	17	102	
» 1′,10″	—	17	102	
» 1′,20″	—	17	102	
» 1′,30″	—	18	108	
» 1′,40″	—	19	114	
» 1′,50″	—	20	120	

30 Giugno 1916 — Cagnolino di giorni 49, pesa Kg. *quattro*. - Mangia bene da solo. Manometro a mercurio nella carotide sinistra.

Tempo	Pressione arter. mass. e min.	Numero delle pulsazioni	Frequenza del polso al 1′	Osservazioni
10″	mm. 100-82	26	156	Oscillaz. respiratorie ben manifeste.
20″	» 102-82	27	162	
Iniezione nella v. giugulare sinistra di ½ cc. adrenalina Clin. 1 : 1000.				
30″	da mm. 86 a 188	20	120	Polso del vago abbastanza manifesto ma fugace.
40″	mm. 192-124	18	108	
50″	» 184-160	29	174	
60″	» 190-170	41	246	
70″	» 190-180	45	270	Mancano le oscillazioni respiratorie.
80″	» 186-176	46	276	
90″	» 180-160	42	252	
100″	» 170-162	52	312	

Capretto di tre giorni: occhi aperti.

Tempo	Pressione		Pulsazioni		Osservazioni
	massima	minima	N.°	Frequenza al 1'	
10″	mm. 100	mm. 88	28	168	Oscillazioni respiratorie piuttosto piccole e regolari.
20″	» 102	» 88	26	156	
30″	» 102	» 86	28	168	
40″	» 102	» 84	27	162	
50″	» 108	» 88	27	162	
Iniezione nella vena giugulare di $^1/_2$ c.c. adrenalina Clin.					
8″	» 108	» 88	23	**172**	durante l'iniezione mancano le oscill. resp.
comincia la rapida ascesa della pressione a					
10″	» 128		da 8″ a 12″ N. 11	**165**	id.
12″	» 152				
poi con ampie oscillazioni fino a					
20″	» 164	» 110	da 12″ a 20″ N.° 12	**90**	azione dell'adrenalina sul vago.
sale ancora con aumento della frequenza.					
30″	» 182	» 158	33	198	riappariscono le oscill. resp.
40″	» 192	» 166	39	234	oscill. resp. più ampie.
50″	» 198	» 168	42	252	id. id.
60″	» 176	» 172	47	282	id. id. piccole.
70″	» 178	» 174	49	294	Oscill. resp. regolari.
80″	» 178	» 174	50	300	
90″	» 178	» 172	48	288	
100″	» 180	» 168	45	270	
110″	» 174	» 162	43	258	Oscill. ampie e irregolari.
120″ sc. a	» 150	» 136	41	246	
130″	» 152	» 142	41	246	le oscill. cessano totalm.
140″	» 152	» 144	41	246	
150″	» 150	» 142	40	240	
160″	» 146	» 134	40	240	ricominciano le oscill. resp.
170″	» 140	» 118	35	210	oscillazioni respiratorie sempre più ampie e irregolari.
180″	» 136	» 110	35	210	
190″	» 136	» 104	34	204	
200″	» 132	» 102	34	204	
210″	» 114	» 110	44	264	cessano affatto le oscill. resp. fino al termine del tracciato.

Scende la pressione progressivamente senza oscillazioni, e al 230″ è a mm. **98** come prima dell'iniezione.

L'asfissia non determina nessun aumento di pressione nei cani neonati. L'adrenalina produce un aumento di pochi millimetri, che si mantiene tale e non cresce affatto per nuove iniezioni di detta sostanza onde si riconosce che l'apparecchio vasomotore ha poca mobilità ed eccitabilità. Anche in un cagnolino di 49 giorni di vita l'aumento di pressione quantunque cospicuo, cioè di circa 80 millimetri di *Hg*, era ancora inferiore al normale, mentre per la stessa dose di adrenalina Clin nel cane adulto cresce di 200 e più millimetri.

Invece nel capretto di due giorni, con occhi aperti, l'iniezione della stessa adrenalina produceva un aumento di pressione, abbastanza durevole, di 80 e più millimetri di *Hg*.

Le oscillazioni nella frequenza del polso nei cani neonati erano notevoli, ma sia l'adrenalina che l'asfissia non hanno dato quel caratteristico polso del vago, che si è veduto invece prodursi nel capretto e nel cagnolino di 49 giorni, seguito poi da grande aumento nella frequenza del polso. Da ciò viene dunque confermato che l'apparecchio d'arresto, o moderatore, intra ed extra-cardiaco è poco eccitabile.

Queste ricerche confermano in via generale il noto principio che la funzione si sviluppa e si stabilisce coll'uso. Infatti il sistema vasomotore, i cambiamenti di volume dei vasi, servono a regolare la distribuzione del sangue, la pressione sanguigna e la calorificazione. Durante la vita intrauterina la distribuzione del sangue nei vari organi e tessuti deve essere uniforme e non subire cambiamenti. Noi sappiamo oggi che gli organi, *specialmente i reni*, rispetto alla loro irrigazione sanguigna in ampi limiti sono indipendenti dalla pressione sanguigna generale. Quest'indipendenza può essere data dal sistema vasomotore, ma si comprende che non è necessaria nella vita fetale, bensì dopo la nascita ed in rapporto coll'influenza degli agenti esterni.

La temperatura nella quale si trova l'animale entro l'utero è uniforme e non subisce variazioni, per cui il lume dei vasi periferici e centrali, e il loro relativo antagonismo non apparisce nè necessario, nè utile.

Le azioni reflesse vasomotorie da eccitazione degli organi dei sensi sono ritardate dal fatto che la vista, l'udito, il tatto, l'olfatto sono rudimentali alla nascita. Inoltre bisogna tenere ben presente che, com'ebbe a sostenere Preyer, nel bambino il senso termico non esiste ancora durante le prime ore della vita e non si sviluppa, probabilmente, che in seguito a passaggi ripetuti dal bagno tiepido all'aria ambiente e per raffreddamento di tutta la superficie del corpo o di punti circoscritti. Sembra che certi reflessi manchino nei bambini neonati, reflessi che hanno rapporto colla regolarizzazione termica. Darwin ha sostenuto che i neonati non tremano, asserzione contestata da Kussmanl, Genzmer, Preyer.

Si conferma in via generale anche per l'apparecchio vasomotore, come ad esempio per la vista nell'uomo, la teoria empirica: non esistono prima della nascita meccanismi innati e già preparati: le basi dei meccanismi sono innate e trasmesse per eredità, ma non è così del meccanismo intiero in istato di attività.

Le presenti esperienze offrono una più facile interpretazione della debole costanza della temperatura nei neonati, quale risulta dalle osservazioni di W. Milne Edwards, di E. Cavazzani, di Galante, e della variabilità del ricambio gassoso quale pure risulta dalle esperienze di Lussana jun. e di Galante (1). Raudnitz (2) inspi-

(1) E. Galante — Il ricambio gassoso negli animali neonati. - Palermo, Tipografia Virzì, 1913.
F. Lussana jun. — La respirazione dei tessuti negli animali adulti, negli embrioni e nei neonati. - Arch. di Fisiologia III, 1905, pag. 143.
E. Cavazzani — Sulla temperatura dei cagnolini nei primi tempi di vita. - Arch. di Fisiologia VIII, 1910, pag. 523.

(2) R. W. Raudnitz — Die Wärmeregelung beim Neugeborenen. - Zeits. f. Biologie N. F., VI, 1888, pag. 428.

randosi ai lavori di Soltmann voleva attribuire la debole costanza della temperatura nei neonati ad uno sviluppo ancora incompleto di un centro corticale vasomotore ; mentre invece ciò dipende dall' apparecchio periferico ancora inattivo. Ammettiamo però anche con Loewy un difetto nella produzione del calore perchè nei primi mesi di vita i processi ossidativi che avvengono prevalentemente in seno ai muscoli, non hanno raggiunto ancora il loro completo sviluppo. Così il neonato e il lattante, fino al 2° e 3° mese di età, hanno uno scambio gassoso abnormemente piccolo, molto inferiore a quello dei successivi mesi e dell' adulto. Secondo Ungar (1) nei primi giorni d' età lo scambio di aria è lieve, perchè gli alveoli non sono ancora completamente espansi.

Le mie esperienze portano poi necessariamente ad una revisione di varie ricerche sperimentali fondate sul metodo della reazione vasomotoria, come quelle di Soltmann sull'eccitabilità dei nervi sensitivi dei neonati (2). Se l'adrenalina che esercita la sua azione sugli apparecchi neuromuscolari è inattiva nei neonati nessun valore ha la mancanza di reazione vasomotoria per l'eccitazione dei nervi sensitivi. Dobbiamo ammettere che in alcuni animali neonati (cane) dette cellule non siano ancora attive e funzionanti, e che diventino attive mano mano che a loro vengono trasmessi gli stimoli d' origine periferica.

Si comprendono facilmente, e si confermano le osservazioni di E. Meyer (3), il quale ha veduto che nei cagnolini neonati, nei quali la pressione sanguigna era di 70-80 millimetri *Hg*, non si hanno oscillazioni respiratorie della pressione sanguigna, e neppure le onde di Traube-Hering o di S. Mayer. L' irritatione del moncone cefalico del vago-simpatico al collo non produceva nessun arrossamento della mucosa orale, all'opposto di ciò che avviene nell'adulto (Dastre e Morat), e neppure dilatazione della pupilla e protrusione del bulbo oculare. Invece l'atropina produceva prontamente dilatazione della pupilla.

RIASSUNTO

La funzione vasomotoria non è quasi affatto sviluppata nei cani neonati.

L'asfissia e l'adrenalina non producono in questi animali che un aumento insignificante, o nullo, della pressione sanguigna. Manca anche il polso del vago e mancano le onde di Traube-Hering. In un cagnolino di 49 giorni l'adrenalina non produce

(1) Ungar — Die Grösse des Lutwchsels in den ersten Lebenstagen. Centralbl. f. Phys, 1893, pag. 830.

(2) O. Soltmann — Ueber die Erregbarkeit der sensiblen Nerven der Neugeborenen. Jahresb. f. Kinderheilk. N. F. XIV. 4. Centralbl. f. Med. Wiss. 1880, pag. 589.

(3) E. Meyer — Appareil régulateurs de la circolation du sang chez l'animal nouveau-né. Comp. R. de l'Accad. Vol. *136*, p. 711, 1903.

ancora che un mediocre aumento di pressione, assai inferiore all'aumento che si vede nel cane adulto.

Nel capretto, che nasce con occhi aperti, la funzione vasomotoria è abbastanza sviluppata.

Queste esperienze confermano che le funzioni si sviluppano e si organizzano coll'esercizio e rendono ragione di molti fenomeni, della incapacità relativa che gli animali neonati hanno di mantenere la costanza della temperatura, della variabilità dello scambio gassoso, e portano a correggere molte ricerche precedenti fondate sul criterio della reazione vasomotoria.

È inattivo l'apparecchio neuromascolare sul quale agisce l'adrenalina.

INDICE

G. Ciamician e **C. Ravenna** — *Sul contegno di alcune sostanze organiche nei vegetali* (con 20 figure nel testo) . . . . . Pag. 3

A. Righi — *L' esperienza di Michelson e la sua interpretazione* (con 7 figure nel testo) . . . . . » 37

A. Righi — *L' esperienza di Michelson e la sua interpretazione.* Memoria II. (con 3 figure nel testo) . . . . . » 55

A. Cavazzi — *Determinazione quantitativa del titanio in alcune pozzolane italiane* . . . . . » 67

L. Amaduzzi — *Ricerche di magnetoionizzazione nelle fiamme* (con 6 figure). » 75

U. Puppini — *Utilizzazione di serbatoi con portata estiva maggiore della portata invernale* . . . . . » 81

G. Ruggi — *Calcoli delle vie urinarie* . . . . . » 95

I. Novi — *La lecitina nella profilassi e cura dell' influenza* . . . . . » 101

G. Tizzoni e **P. Perrucci** — *Sulle differenze nel comportamento della colesterina e del siero antitetanico nell' avvelenamento da stricnina* . . . . » 109

A. Ghigi — *Osservazioni sull' alimentazione del pollame e sulla produzione delle uova* . . . . . » 119

L. Beccari — *Sulla fisiologia dei centri intracardiaci* (con 21 figure nel testo) » 129

L. Amaduzzi — *Intorno all' influenza del riscaldamento sul potenziale esplosivo e sul processo preparatorio della scintilla* (con 4 figure nel testo). . » 145

L. Amaduzzi — *Intorno all' influenza del campo magnetico sul getto a mercurio di Lippmann* (con 10 figure nel testo) . . . . . » 153

A. Baldoni — *Sulla amputazione del corpo delle ossa intermascellari nel cavallo* (con 4 figure) . . . . . Pag. 159

A. Razzaboni — *Sulla trasformazione delle curve del Bertrand* . . . . . » 165

F. Cavani — *Sul livello ad acqua* (con 1 figura nel testo) . . . . . » 173

V. Simonelli — *Spigolature paleontologiche* (con 3 figure nel testo) . . . . » 181

A. Baldacci — *Intorno all'Ἶρις Ἰλλυρική dei gregi o* Iris Illyrica *dei romani* . » 187

P. Burgatti — *La teoria del triedro mobile in rapporto all'analisi vettoriale* » 193

F. Guarducci — *Sopra la determinazione di un' ellisoide locale* . . . . . » 203

M. Rajna — *Osservazioni meteorologiche dell'annata 1918 eseguite e calcolate dall'astronomo R. Pirazzoli nell'Osservatorio della R. Università di Bologna* » 207

P. Albertoni — *Sullo sviluppo della funzione vasomotoria negli animali* (con 1 figura nel testo) . . . . . » 237

Finito di stampare
Agosto 1920

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01305 0927